雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO.155
2015 AUGUST

南韓核電發展現況

為未來留一線生機 核四正式封存

日本川內核電廠已開始裝填燃料

輻射魔法師 輻射照射食品

北海岸最美的博物館－北部展示館

未來的電哪裡來？

靠節約用電省下一座核電廠？

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.155 雙月刊
AUGUST 中華民國一○四年八月號

封面故事

1 未來的電哪裡來？靠節約用電省下一座核電廠？ 編輯室
4 自己的電自己省 揪出高電費的十大兇手 編輯室

熱門話題

7 大氣汙染──PM2.5、黃砂及花粉的連續三重衝擊 朱鐵吉 譯
10 南韓核電發展現況 編輯室
20 為未來用電留一線生機 核四廠正式封存 洪國鈞
23 龍門核電廠建廠管制報導 編輯室

特別報導

27 北海岸最美的博物館—台電北部展示館 編輯室

讀者論壇

24 日本重啟核電、台灣封存核四 江仁台
25 福島核災四年之後的日本 核電仍是最便宜的能源 呂錫民

核災應變問與答

33 核災緊急應變 不可不知 編輯室

輻射與生活

35 輻射魔法師──輻射照射食品 延長保鮮期 編輯室

核能脈動

41 日本川內核電廠已開始裝填燃料 編輯室

核能新聞

42 國外新聞 編輯室
45 國內新聞 編輯室

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一O一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

編者的話

103年4月行政院宣布封存核四，台電公司歷經多時的規劃且參考國外封存經驗，提出核四封存作業規劃，於今（104）年7月1日正式封存。雖然目前封存作業皆已完備，但未來公投後，無論廢核四或解封重新建造，皆須付出極大經濟成本及面對諸多難題。7月22日，華爾街日報發表一篇名為「台灣選擇脆弱」的文章指出，儘管台灣3座核電廠已安全運作超過30年，但日本福島核災依舊縈繞在同處地震帶的台灣人心頭。正當日本及南韓提高其核能安全標準，並增加核能占電力生產比重時，台灣卻是東亞唯一放棄核能的國家。評論文章強調，沒有哪一種能源政策作法是無風險的，但任由如此重要的核電廠閒置，反映台灣政壇不知其事態嚴重。

四面環海的台灣是島嶼型獨立電力系統，電力供應吃緊時無法由鄰國電力支援，因此電力備用容量率參酌國際經驗規劃為15%。近年來我國火力發電廠陸續除役，政府原計畫以核四補足供電缺口，但如今核四已封存，核一廠又即將除役，在未來電力需求估算，最快自民國105年，備用容量率將降至10%，也將產生缺電風險；若跌破7.4%則將會限電。至110年，可能降至5.4%，且以北部地區缺電風險最大；北部供電能力僅35%，但尖峰負載用電量占全國40%。經濟部資料顯示，2016年我國電力備用容量率僅剩8.9%，限電風險大增。

PM2.5又稱「細懸浮微粒」，指的是大氣中直徑小於或等於2.5微米的懸浮微粒。因大約只有一般人頭髮的1/30大小，非常細微，可以直接進入支氣管和肺部深處，是導致支氣管炎或肺癌的高危險因子。國際衛生組織也呼籲各國必須實施大氣污染監測與管理。所以，發電方式的選擇造成的碳排放量不同，影響了我們生存必備的空氣潔淨度，進而威脅我們的健康與生存，不得不慎。

南韓核電發展起步與台灣相近，皆始於1970年代，40多年後的今日，南韓不但已有23座核電機組運轉中，第24座機組也將於近期加入運轉；甚至還出口核電至阿拉伯聯合大公國，成為世界第6個核電技術出口國家。他山之石，不只我們的國家政策需要多學習，台灣民眾也要多思考，這背後帶來的影響不只是科技的落後，直接間接都影響了我們的經濟與民生。

未來的電哪裡來？
靠節約用電省下一座核電廠？

文・編輯室

如果人人節約用電，以「電力零成長」為目標，是不是就不需要核四？

目前政府正積極推動節約用電，但是在短期內不可能做到「電力零成長」。

我國近10年能源效率每年提高2.4%，但是用電量還是持續成長，在可預見的未來，我國用電量仍將跟經濟發展趨勢一致，如果限制電力必須零成長，將意味著經濟衰退。根據經濟部的資料顯示，以電力零成長為目標將有下列需要考量的問題：

（一）政府積極推動節能減碳，用電量仍難以減少

政府自97年開始推動「四省運動」（省油、省電、省水、省紙），5年來政府機關及學校用電累計節約率為8.1%；另外電費折扣獎勵節能措施方面，97年至102年底，家戶用電累積節省231億度，相當於台北市住宅用戶年總用電量5倍。但工業用電仍難以減少，畢竟外銷占我國GDP的7成。至於再生能源方面，102年太陽光電及風力發電合計的裝置容量已為97年的3.9倍，未來還會逐漸成長。

（二）追求電力零成長可能導致經濟零成長

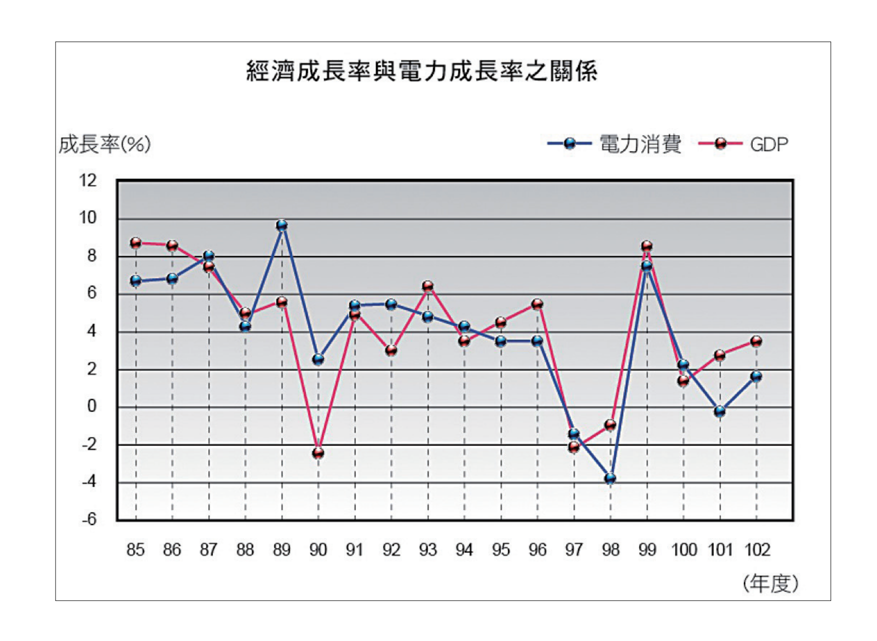
電力的需求與經濟發展息息相關，綜觀我國歷史趨勢，在民國80年代經濟持續高成



長時，電力消費也呈現高度成長；而在民國90年與98年經濟大幅衰退時，電力消費也呈現大幅下降，兩者間具有高度關聯性。例如民國97-98年間受到全球金融海嘯影響，當時電力消費出現罕見的負成長，工廠放無薪假及失業率攀高，民生消費也大幅萎縮，許多民眾至今仍記憶猶新。

（三）經濟發展成熟國家，電力一樣會成長

有人質疑我國為何不能像一些國家達到用電零成長的目標。事實上歐美等經濟發展成熟國家，經濟成長率原本就比較低，所以在經濟成長趨緩時有少數國家（如英國）出現用電零成長現象，但這絕不是英國經濟發展的目標，英國政府推估未來電力需求仍將持續成長。



（四）我國仍須追求經濟發展，以創造更多就業機會

我國目前失業率略高，必須仰賴產業轉型及經濟成長。但是，如果只是為了達到「用電零成長」的目標而刻意降低經濟成長，甚至貿然採取強制手段，同時減少供電服務及抑制用電需求，就有可能導致經濟成長轉緩、產業出走、甚至薪資下降或失業擴大等難以承受的後果。

如果核四持續無法運轉，台灣真的會缺電嗎？

若核四廠持續無法運轉，在各種未來電力需求預估情境下，最快自民國105年開始有缺電風險，尤其北部地區的民生及產業用電將遭受重大衝擊。

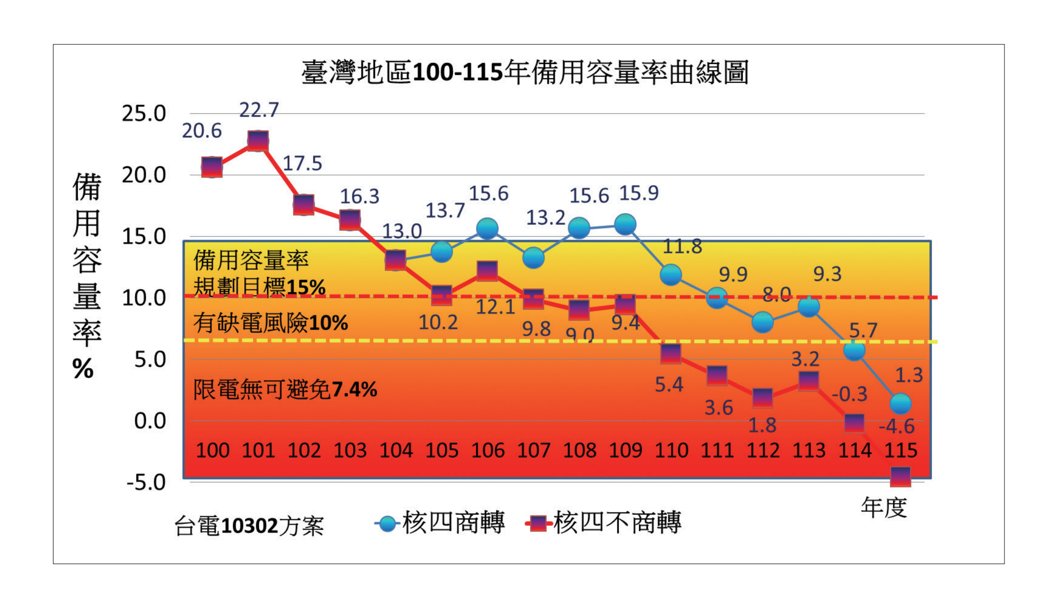
（一）備用容量下降，缺電風險增加

我國屬於島嶼型獨立電力系統，電力供應吃緊時無法由國外支援，因此電力的備用容量率參酌國際經驗規劃為15%。與同為獨立電網的韓國相比較，我國備用容量率和韓國相當，但與日本相比則我國偏低。

若核四廠無法順利商轉發電，在未來各種電力需求預估情境下，最快自民國105年開始，會面臨備用容量率接近10%，甚至逐年下降的趨勢，並有不足5%的情形。就我國過去經驗統計，當備用容量率低於10%時，就可能有缺電風險；低於7.4%時，則幾乎無法避免限電的窘境。如民國79-85年間，我國電力備用容量率都在7%以下（79年為7.4%），總計限電次數高達43次，其中83年更高達16次，對產業及民生都造成相當大的衝擊。

近年我國電力系統實際備用容量率快速下降，103年因夏季異常高溫實際值為14.7%已經低於15%的規劃目標，也低於台電公司10302方案原預估的16.3%；而夏天南部火力電廠因高雄氣爆事件影響無法運轉，且部分民營電廠機組故障，導致實際供電餘裕低至3%，只要再有任何一部大型機組無法供電，台灣就會陷入停電的困境。

（二）北部地區缺電風險最大



台灣整體電力系統劃分為北、中、南三3個區域，北部供電能力僅35%，但尖峰負載用電量約占全國40%。如果核四廠無法正常商轉發電，估計107年以後北部將出現供電缺口，之後在核一、二廠陸續運轉滿40年停止發電下，北部供電缺口也將逐年擴大，即便規劃中的大潭電廠7號機可於111年商轉發電，至112年北部供電缺口仍將達315萬瓩，遠超過輸電幹線的安全輸送能力範圍，有供電缺口的北部地區將首先面對缺電危機。

（三）影響範圍逐漸擴及全國

台灣北部是用電量最大的地區，同時也是經濟活動頻繁的工商重鎮，且金融中心、證券公司、國內企業與跨國企業總部多設於此，特別需要充足穩定的電力供應。若此區域因缺電、限電風險而導致企業無法正常運作，不但影響廠商的投資意願，也使國際競爭力大損，其連帶效應將會逐漸擴及全國各地，進而降低我國的經濟成長動能。

說明：

1.台電公司10302方案，其電力需求預測：在考量近年經濟成長率偏低，並假設未來節電成效樂觀情境下，顯示若核四廠無法商轉， 105年與107年備用容量率則為10.2%與9.8%，都接近10%左右，都有缺電風險； 110年甚至僅有5.4%。即使核四如期商轉，105年與107年的備用容量率也只有13.7%與13.2%，都未達15%的目標值。

2.103年備用容量率實績值為14.7%，已經低於台電公司10302方案原預測的16.3%，將近2%。

3.核四商轉，燃料組合是考量經濟調度（成本最低）原則。核四未商轉，假定必須將排碳量維持在0.6公斤/度左右，除大量使用燃氣發電，且滿足再生能源設置目標外，還需推動太陽光電「推廣倍增」方案與陸上風電「加速發展」方案。

資料來源：

1.http://anuclear-safety.twenergy.org.tw/Faq/faq_more?id=56

2.http://anuclear-safety.twenergy.org.tw/Faq/faq_more?id=52

自己的電自己省
揪出高電費的十大兇手

文・編輯室



炎炎夏日，氣溫動輒飆到37、38度，家裡的用電量也節節升高，平常冷氣吹得開心，但是打開台電公司寄來的電費帳單時，恐怕就會叫苦連天了。相信每位民眾心裡都會想：為什麼我家電費這麼貴？這些電究竟用到哪裡去了？

所謂「魔鬼藏在細節裡」，只要多注意生活中的小細節來省下嚇人的電費，還能兼顧環保與節能，就讓大數據省電達人來告訴你高電費的十大兇手：

10.冷氣房不關門

在冷氣房或冷氣店面開著冷氣不關門，可是非常耗電的喔！研究結果顯示，15坪大小的商家，透過加裝空氣簾或自動門，可以省下40%到80%不等的耗電量，這都是辛辛苦苦賺的血汗錢！

9.冰箱門開太久

切記，冰箱不是你的冷氣出風口！小時候大家都喜歡到超商把冰箱門打開吹冷氣，但這樣其實很耗電，選好要買的商品再開門，是現代社會基本的公民素養。

8.冷氣吹太久

夏天往往一開冷氣就停不下來，開一整天也是常有的事。經過計算，夏季期間





每天只要少開1小時的冷氣，4個月下來可以幫你省下大約300元的電費。只要晚上睡覺時把冷氣設定成「定時」，就可以輕鬆達成。

7.冷氣濾網太久沒洗

這也是很容易被大家忽略的耗電因素之一，根據工研院實測數據，若不清洗冷氣濾網，每天大約會多耗0.67度電，一年會多出230元的電費。開冷氣前，記得把濾網洗一洗，不只為了省錢，也為了您的健康。



6.電器插頭沒拔

要先釐清一個概念，屬於「待機中」的電器拔掉插頭是真的可以省下不少電費，像是洗衣機、電視機、微波爐、收錄音機等電器在未使用時拔下插頭，一年平均可以省下數十元不等的電費，但「非待機類」的電器則沒有影響。

5.家電太老舊

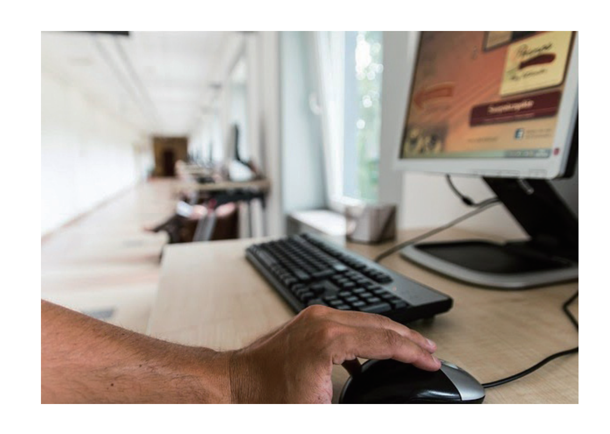
家中老舊生活電器真的是高電費的元兇！根據工研院研究，一台20年的老舊冰箱，會比第一級電冰箱高出整整1,700元的電費（一年），雖然家電換新也是一筆不小的花費，但從長遠的角度來看將家電更新還是比較划算。

4.忘記隨手關燈

這點就真的是老生常談了，從小到大我們就被教導要隨手關燈，去年開始流行的「一指救世界」都是在傳遞同樣的觀念，所以，千萬別忘了隨手把開關關上。

3.冷氣溫度設定過低

根據空調舒適度分析，大約攝氏26-28



度的溫度是最舒服的，而且空調每調高1度，一年可以省下140元。雖然吹超冷的冷氣蓋大棉被睡覺真的很幸福，但是為了地球跟您的荷包，還是把冷氣溫度調高一些吧。

2.電腦不關機

別再相信什麼電腦不關機也不太耗電的流言了！在不設定休眠的情況下，一般的桌上型電腦一天空轉10小時，一年就會多出1,000元的花費，可是個不小數字啊。

1.還在用白熾燈泡

家裡面的燈泡換了沒？精打細算一下，從7.2瓦神明燈泡換成省電節能的0.5瓦LED燈，一年省下300多元，這還只是一對燈泡的電量而已喔。

上述都做到，一年可省下上千元

上面這10種行為，就是透過大數據找出的居家10大高電費兇手，其中跟冷氣有關的就有4項。今年夏天，照著上面這樣做，肯定能省下一筆可觀的電費喔！

參考資料：

1.http://energy-smartcity.energypark.org.tw/

2.http://www.economic-news.tw/2015/04/high-electricity-bill.html

【高電費兇手，居家十大耗電行為】網路聲量調查

排名	耗電行為	平均可省電費/注意事項	網路聲量
1	還在用白熾燈泡	一對燈換成LED燈年省300多元	7,209
2	電腦不關機	一年可省下約1000元(以空轉10小時計)	5,725
3	冷氣溫度過低	每調低一度，年省140元	4,541
4	沒隨手關燈	超過三分鐘，關燈更省電	3,999
5	家電太老舊	20年老冰箱換新，年省1700元	3,745
6	電器插頭沒拔	拔下待機中的電器插頭，年省數十元	3,290
7	冷氣濾網沒洗	清洗冷氣濾網，年省230元	1,992
8	冷氣吹太久	冷氣少開一小時，年省300元	948
9	冰箱門開太久	無意義的浪費電力，	514
10	冷氣房不關門	開冷氣不關門，多耗40%~80%的電	220

- 資料分析：透過機器人爬文機制建立網路文章庫，以關鍵字進行語意情緒判斷，分析時事網路大數據。
- 本資料統計日期：2014/11/1~2015/4/27

大氣汙染──PM2.5、黃砂及花粉的連續三重衝擊

文・堀 正尋 譯・朱鐵吉

大氣汙染使我們生活的環境出現了原來沒有的微量物質，除了自然界無法淨化之外，其數量和持續的時間都可能對人、動物、植物、物品與材料產生不利的危害，對生態系統則產生直接和間接的影響。其發生源分成兩類，土壤粒子和火山灰等稱為「自然源」；人類的所有活動引起的多種有害因子進入大氣，則稱為「人為源」，例如燃燒化石燃料，以及汽車、工廠和發電廠的廢氣排放。中長期來說，國家推動的農、林和治水政策如果失敗的話，也會引起森林火災、沙塵暴、土壤微粒子等微量物質進入大氣中。

因這些粒子會直接或間接影響人體健康，甚至造成長期危害，國際衛生組織（WHO）早已訂定大氣汙染基準，呼籲各國必須實施大氣汙染監測與管理。

這些粒子中對人體與環境為害最大的是PM2.5，指大氣中直徑小於或等於2.5微米（μm）的懸浮微粒（Particulate Matter，PM），又稱為「細懸浮微粒」。PM2.5只有人髮1/30的大小，非常細微，可以直接進入支氣管和肺部深處，是導致支氣管炎或肺癌的高危險因子。因為體積非常輕巧，能長期滯留於大氣中，形成高濃度的汙染。



世界上探討PM2.5的歷史

1952年「倫敦煙霧」事件：當年12月的倫敦，因地表放射熱而使地面溫度下降，冷空氣籠罩下層，而大氣上層空氣因為是逆增層的影響，溫暖空氣停滯在大氣上層，汙染物無法擴散，危害的懸浮微粒濃度一再增加，導致在2星期內約有4,000人死亡，其中以支氣管炎者最多，高齡的呼吸器官疾病患者受到的影響最大。

日本在1960年代經濟高度成長時期，

硫氧化合物（SOx）大量汙染大氣，導致氣喘病患急速增加，至1968年才制訂「大氣汙染防止法」，但是1970年於都市地區發生的光化學霧（Photochemical Smog）仍造成極大的社會問題。其後，日本制定嚴格管制大氣汙染物質排放的法規，在強化管制的背景下，工廠的排煙處理技術、汽車排放廢氣的淨化技術，都有了快速的改善。

1997年，美國規定大氣汙染環境基準追加PM2.5的項目，是世界上的首例，日本則遲至2000年才在環境基準管制上追加PM2.5的項目，中國也將在2016年將其列入新管制基準內。

中國PM2.5的現狀

中國每年的大規模空氣汙染均含有高濃度PM2.5，因越境大氣汙染影響對日本造成不小的傷害，導致產生各種社會問題。事實上，中國的PM2.5大氣汙染涵蓋中國全境的1/4，影響到一半的人口，與倫敦煙霧事件可互相匹敵。



中國政府發表的大氣中PM2.5含量是中國環境基準35微克／立方公尺（μg/m3）的2倍，相當於日本環境基準（15μg/m3）的5倍、WHO環境基準（10μg/m3）的7倍以上，已是相當高的濃度，但是中國某些地區實測值卻高達300μg/m3，對中國社會來說是非常大的問題。

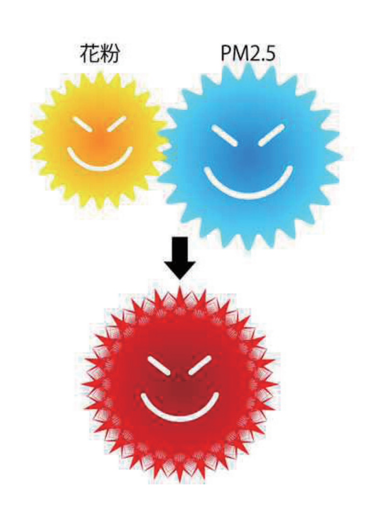
中國的政策是以發展經濟、促進工業生產為優先，導致化石燃料的消費一再增加，石油製品、汽車排氣、燃煤發電廠和煉鋼廠一再排放硫氧化合物氣體，是「人為源」產生高濃度PM2.5的主要源頭。

中國汽車排放基準與國際水準相左，中國石油大公司亦吝於對環境保護做出投資，並抵制相關規範，如此作為已飽受批評。此外，工廠的實際汙染排放量比正式統計量還多，為了環境的改善以及保護國民的健康，改善對環境的道德規範實為首要。

黃砂

黃土引起的黃砂在古代歷史已有記載，是「自然源」和「人為源」的大氣汙染物質。中國中央和地方政府農業政策的過失，過度的放牧，過剩的耕作，無法保持土地的固有安定，土地因乾燥化而新增更多的黃砂。中國西部與亞洲中部如哈薩克、烏茲別克及鹹海（Aral Sea）等地區，因農業和治水政策的失敗，必須大量抽取地下水及汲用湖水，汙染的廢水及廢棄物則放置於地面，使土壤產生汙染、植物枯死，造成土地乾燥化。黃砂的產生有自然起因和人為因素，目前的現狀尚未究明人為因素的份額。

黃砂的大小約4微米，中國內陸的沙塵



暴捲上天空，乘著偏西的風向而傳送到東亞各國，其中就含有比2.5微米還小的懸浮黃砂微粒。

沙塵暴發生時，整個天空黃砂滾滾，看不見東西，白天如同黑夜，遮蔽了太陽使得日照時間減少，汽車和暴露在室外的物品均會被汙染，人和動物易發生嚴重的過敏性疾病等，是沙塵暴最嚴重的情況。

花粉症

PM2.5與黃砂有關，其發生源主要在中國等大陸地區國家。至於花粉，日本戰後的森林政策則顯示人為因素是主要來源。

杉樹的花粉飛散時，其大小約30微米，飛散後逐漸縮小至約10-20微米，降雨時花粉會破裂變形成為1微米以下，因此PM2.5中也包括花粉。

花粉症患者的增加，過敏性鼻炎、流鼻水和鼻塞均是代表性的症狀，因而導致睡眠品質不佳，學校與職場上很多人昏昏欲睡，特別是駕駛員在工作時精神不濟，易發生危險。

戰後日本的人工造林，密集種植杉樹，杉樹的雄花釋出花粉，未釋出的部分也會飛散至大氣中。森林計畫是百年大計，不宜留給子孫任何禍根，在針葉樹的間隙種植闊葉樹，吸引熊及猴子食用其果實，森林中有適於動物的生活環境，而人類砍伐森林則會削減花粉。

國際聯合對策

近年來，亞洲地區如中國、韓國的經濟發展，伴隨著大氣汙染物質的產生，由偏西風（平常上空從西往東吹的風）傳送至東亞，是大家所擔憂的問題。來自中國的大氣汙染，對台灣和日本來說是永遠無法避免的事。因此，針對中國的大氣汙染現狀，各國應該盡量協助抑制汙染源的排放，國際間必須有效的採取因應對策。

1970年代歐洲發生酸雨的問題，1979年簽訂「長距離越境大氣汙染條約」，為防止越境大氣汙染，各國均有義務採取對策，監視影響的受害狀況、評估以及採取對策，削減排出的汙染物質，國際應互相協助實施監測，互相交換資訊等。

1998年日本首先提倡設立「東亞地區酸性雨監測網」，亞洲有13個國家的大範圍監測狀況，互相配合採取因應對策。日本曾經克服很多公害問題，具有實務的經驗，日本應積極提供累積的環境先進技術，亞洲各國也應互相合作，積極推動減少大氣汙染。就日本來說，對鄰國的大氣汙染，絕不會以隔岸觀火的態度而等閒視之。

資料來源：

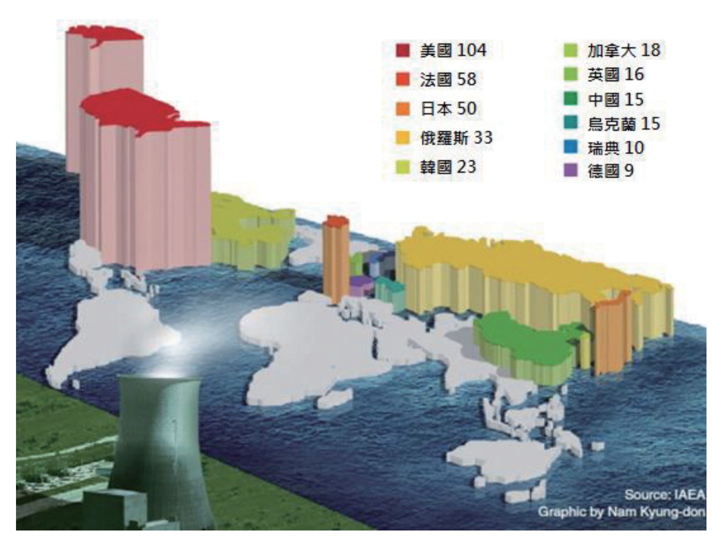
堀　正尋，“大気汚染－いつまで続く PM2.5・黄砂・花粉のトリプルパンチ” Energy Review June 2015: p.22-23.

南韓核電發展現況

文・編輯室

與我國同為亞洲四小龍的南韓，1970年代也因經濟發展需要而興建核電廠，首座核電機組古里（Kori）1號反應爐，與我國核一廠時間相近，自1978年由美國西屋電氣完成建設後即開始運轉，迄今韓國已有23座核電機組運轉中，核能發電占全國發電比例的1/3，第24座機組將在今（2015）年7月加入運轉行列，裝置容量將從原本的20.7百萬瓩提升至21.7百萬瓩，另外還有建設中的4座機組、計畫中10的座機組在後方等待。身為世界核電領域的後起之秀，韓國政府嗅出核電輸出能為國家帶來巨大的經濟效益，大力推動國內核電出口產業化，並於2009年贏得阿拉伯聯合大公國一份價值200億美元、4座輕水型反應爐（LWR）核電廠建設合約，成功晉升為世界第6個核電技術出口國家。

韓國目前的電力市場為火力（燃煤、燃油、燃氣）、核能以及再生能源的組合，火力占總發電將近70%，核能約占30%，與不到5%的再生能源，但因韓國天然資源匱乏，本身並無生產石油，國家有98%能源是依賴進口，使其成為全球第2大煤炭、液化天然氣進口國之外，同時也是第5大石油進口國。也因如此，韓國每年必須付出超過1,700億美金的費用向國外進口各種能源，占去國家總進口比例的1/3。根據韓國電力公司（KEPCO）表示，如果韓國不使用核能



▲ 截至 2013 年 3 月全球核電機組數量（圖片來源：Nam Kyung-Don）

發電，每年花在進口能源的費用需再往上加個200億美金，因此為了促進能源效率、穩定能源供應以及減輕國家貿易上的負擔，發展核能發電幾乎是必然。

追溯韓國核能發展的歷史，韓國在1957年成為國際原子能總署（IAEA）成員國後即開始發展核能，迅速地在1958年通過相關法案，為國內核能發展成立了法規體系，並逐年根據實際情況修改，目標朝促進國家原子能的發展邁進。之後政府依法成立了「原子能委員會」，是韓國核能政策的最高決策機構，由政府、學術界、產業界各個

2012 年韓國裝置容量與發電量		
發電種類	發電量（億度）	裝置容量（萬瓩）
火力發電（燃煤、燃油、燃氣）	3,501.05	6,550
核能發電	1,435.50	2,070
再生能源與其他	71.23	800
抽蓄負載	-11.06	N/A
總計	4,996.72	9,420

資料來源：美國能源情報署（US EIA），本刊統整

2012 年各國發電占比（億度）					
地區	核能發電	火力發電	再生能源發電	抽蓄負載	總發電量
美國	7,693.31	27,750.25	5,083.60	-49.50	40,477.66
法國	4,074.38	449.28	827.76	-18.18	5,333.24
德國	940.98	3,499.07	1,426.85	-14.66	5,852.24
中國	926.52	36,750.00	10,035.15	-28.50	47,683.17
日本	172.30	8,288.34	1,223.68	-20.06	9,664.26
韓國	1,435.50	3,501.05	71.23	-11.06	4,996.72
台灣	387.33	1,845.15	104.72	-2.94	2,336.96
世界	23,448.06	144,977.09	47,148.27	-256.30	215,317.09

資料來源：美國能源情報署（US EIA），本刊統整

部門共9至11名代表組成，主席則由韓國國務總理（即內閣最高首長）兼任，主要職務為制定、貫徹並實施各項有關原子能和平應用的政策、核燃料與反應爐機組相關的法規、用過核燃料的處置措施，並分配國家核能相關的各種預算，與協調各個核能相關單位的關係等等，與我國的原子能委員會非常相似。

在完整的法規體系成立後，韓國首座小型研究型反應爐於1962年出現。十多年後韓國開始第一座反應爐機組－古里1號的建設工程，古里1號是西屋電器公司設計與製造的壓水式反應爐（PWR），1977年完工後隔年即開始商轉。

1990年代因經濟起飛，全國電力需求每年成長超過9%，一直到2006年才緩和下來，但仍有每年2.6%的成長率，預計能在2020年降至2.5%；在過去的30年間韓國每年享有平均8.6%的GDP成長率，導致電力消費也由1980年的330億度（33TWh）成長至2012年將近5億度，人均電力消費於1980年時僅860瓩，至2012年已翻漲超過10倍，達9,600瓩。

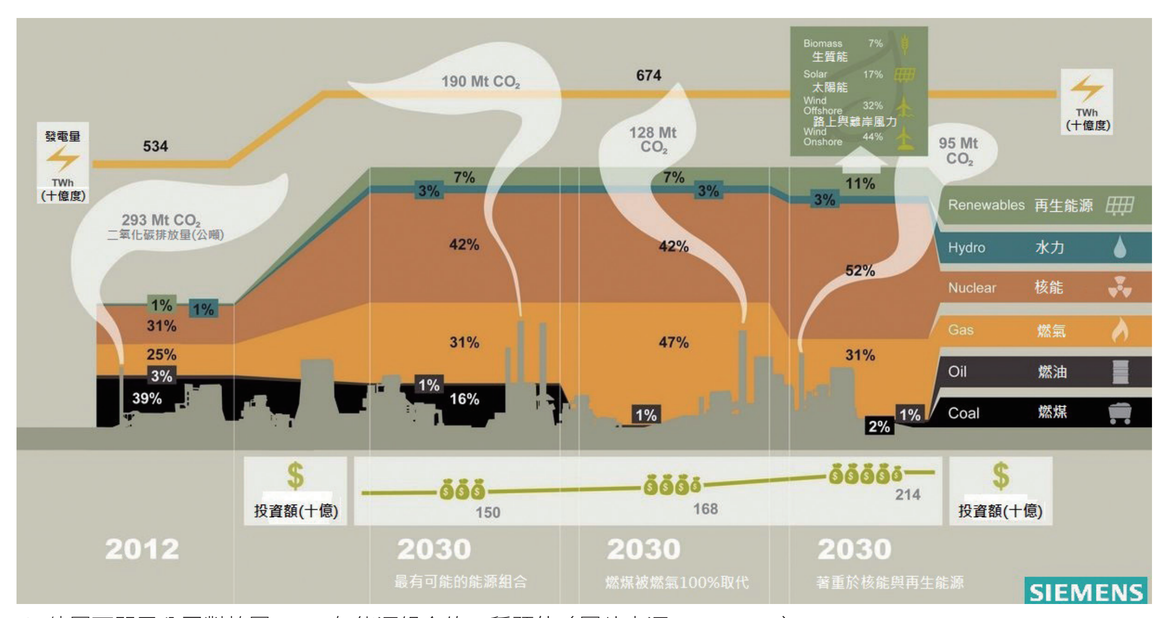
韓國雖有很大規模的原油加工工業，但所有原油都須進口，在2011至2012年間因為油價持續飆升，且全國石油的消費量並沒有因此降低，2012年反而還較2011年增加了4%，南韓政府因此於2012年中針對國家各部門宣布多項因應措施並強制實行，以壓制全國對石油的消耗，降低因油價高漲對民生及產業的衝擊。根據美國能源情報署（US EIA）與國際能源總署（IEA）的最新能源資料顯示，韓國2012年度發電量接近5千億度，火力發電占總發電量的7成，核能

占29%，剩下為不到2%的再生能源；2012年度裝置容量則為9,420萬瓩，火力發電占總裝置容量近7成，核能占22%，水力與其他再生能源占約8%。[1]

韓國核電電價極低，1度為39韓元（約台幣1元），加上用電成長率如此之高，因此帶動韓國核工業迅速發展，除了第一座古里核電廠已擴展至4座機組之外，月城、靈光、蔚珍、新古里、新月城、新蔚珍核電廠陸續設立，迄今總共23座反應爐數量排名世界第5，根據KEPCO資料顯示，包含預計將於最近開始運轉的新月城2號機在內，共有5座機組建設中，另有10座機組在計畫中。照此發展的速度，韓國的核能發電預計2020年將達到裝置容量2,730萬瓩、發電量2,260度，占總發電量超過40%；2030年核能發電則占近4成的裝置容量，發電量超過5成。

活躍於全球能源產業的德國西門子公司（SIEMENS），在2013年於韓國大邱舉辦的「世界能源代表大會」的準備會議中，討論到韓國的能源現況。他們推測韓國將逐年降低對燃煤的使用，燃煤發電將有可能於2030年被燃氣、核能與再生能源分別取代，到時的二氧化碳排放將減少1/3，甚至可能減少到2/3，而投資金額也將隨著二氧化碳的下降程度上升，如下圖所示。西門子公司執行長表示，這也是西門子決定拓展其燃氣渦輪機事業至韓國，並於首爾成立西門子韓國總部的主要原因。根據西門子所做的研究顯示，韓國2030年時最有可能的能源組合為：占比低於2成的燃煤與燃油發電，3成的燃氣發電，而核能發電將占超過4成，剩下10%的水力與再生能源。雖然在此情況下的二氧化碳仍比完全排除燃煤與燃氣發電的情況高出許多，但還是比現今的293公噸減少約100公噸，由此可見韓國欲發展核電，以及降低二氧化碳排放量的決心。

韓國早期建設的8座核電機組都屬西屋電氣或法瑪通原子能公司（Framatome，今法商亞瑞華）設計的壓水式反應爐



▲ 德國西門子公司對韓國 2030 年能源組合的 3 種預估（圖片來源：SIEMENS）



▲ 韓國核電發展現況圖

（PWR），與另外2座由美國CE工程公司（Combustion Engineering，今已被西屋電器合併）設計的System 80壓水式反應爐以及4座加拿大坎杜6重水式反應爐（CANDU 6 PHWR）。

歷經20餘年，韓國核電工業從引進技術到自行消化吸收，KEPCO與其子公司－韓國水力與核能公司（KHNP）更成功自行開發壓水式反應爐－韓國標準型反應爐（KSNP，為OPR-1000的前身），2011年再改良成為OPR-1000壓水式反應爐，近期更進化至第三代[2]核能技術的APR-1400壓水式反應爐等，成立了自主技術品牌。APR-1400因造價低，1瓩僅2,300美元，低於由法國與德國設計，但技術及規模卻與APR-1400同等級的EPR壓水式反應爐，施工時間也是世界最短，這些優勢都賦予APR-1400獨特的經濟性。

韓國核電工業發展迄今，韓國政府扮演著非常重要的角色，自引進核電技術開始，中間的技術消化、吸收，至現今95%自主化的過程中，始終給予韓國核電工業合理的引導以及大力的支持。除了制定了相關的政策之外，更提供外交、財政等多方面的後盾，

韓國運轉中核電機組				
反應爐	種類	裝置容量（萬瓩）	商轉日期（月 / 年）	預計停役日期（年）
古里 1 號	PWR － 西屋電氣	58.7	4/1978	2017（2007 年獲准延役 10 年）
古里 2 號	PWR － 西屋電氣	65.0	7/1983	2023
月城 1 號	PHWR － 坎杜 6	67.9	4/1983	2022（2012 年因運轉許可到期停役，2015 年獲准延役 7 年）
古里 3 號	PWR － 西屋電氣	95.0	9/1985	2025
古里 4 號	PWR － 西屋電氣	95.0	4/1986	
靈光 1 號	PWR － 西屋電氣	95.0	8/1986	
靈光 2 號	PWR － 西屋電氣	95.0	6/1987	
蔚珍 1 號	PWR － 法瑪通	95.0	9/1988	
蔚珍 2 號	PWR － 法瑪通	95.0	9/1989	
靈光 3 號	PWR (System 80) － CE	99.7	12/1995	
靈光 4 號	PWR (System 80) － CE	99.7	3/1996	
月城 2 號	PHWR － 坎杜 6	70.0	7/1997	
月城 3 號	PHWR － 坎杜 6	70.0	7/1998	
月城 4 號	PHWR － 坎杜 6	70.0	10/1999	
蔚珍 3 號	PWR － KSNP	100.0	8/1998	
蔚珍 4 號	PWR － KSNP	100.0	12/1999	
靈光 5 號	PWR － KSNP	100.0	5/2002	
靈光 6 號	PWR － KSNP	100.0	12/2002	
蔚珍 5 號	PWR － KSNP	100.0	7/2004	
蔚珍 6 號	PWR － KSNP	100.0	4/2005	
新古里 1 號	PWR － OPR-1000	100.0	2/2011	
新古里 2 號	PWR － OPR-1000	100.0	1/2012	
新月城 1 號	PWR － OPR-1000	100.0	7/2012	
反應爐總數 : 23		2,071.6		
韓國建設中核電機組				
新月城 2 號	PWR － OPR-1000	96.0	(7/2015)	
新古里 3 號	PWR － APR-1400	140.0	(2015)	
新古里 4 號	PWR － APR-1400	140.0	(2016)	
新蔚珍 1 號	PWR － APR-1400	140.0	(2016)	
新蔚珍 2 號	PWR － APR-1400	140.0	(2017)	

資料來源：KEPCO、世界核能協會（WNA）

使韓國核電工業能毫無後顧之憂地邁入國際化。前總統李明博認為，韓國滴油不產，核能實為補足國家弱點的絕佳利器，除了能以較低成本發電減輕國家負擔，同時也能創造大量的工作機會。於李明博任職期間，韓國政府所發布的電力政策規劃均走向擴張與確保電力供應的路線，並希望能再提高核能發電的比例；現任總統朴槿惠在2013年上任後，直接表達了新政府的能源走向：「維持先行核電供應，並同時開發新的再生能源，以減少二氧化碳排放為目標來解決氣候變遷問題」，並沒有減少對核電的依賴，但強調政府絕對會以國民安全為優先，嚴密的檢視與貫徹核能安全。

也許韓國政府很早就發覺，出口核電能為國家帶來巨大的經濟效益，而目前出口核電已繼資訊半導體、造船、汽車後，升級為國家第4大出口產業。自開發出APR-1400以來便積極向國內外推銷，韓國於2008年開始建設國內首座APR-1400機組（新古里3、4號機組），西屋電氣對此仍擁有部份價值約3億的合約；隔年2009年底，韓國力壓美國、法國等經驗豐富的核電出口國，向阿拉伯聯合大公國簽署一份4座APR-1400、價值200億美元的合約，加上營運、維護與燃料的提供等，合約總價值高達400多億美元，另挾帶著上萬個工作機會。此電廠廠址位於阿拉伯聯合大公國首都阿布達比西方330公里處，首座反應爐預計2017年開始商轉。

除此之外，韓國核工業亦於2010與2013年分別進軍約旦與土耳其，將負責建造約旦國內首座研究用反應爐，與位於土耳其的2座核電機組。今年初更擴展其版圖至卡達與沙烏地阿拉伯，除了將與卡達進行核能研究方面的合作之外，韓國也將在阿拉伯建造2座由韓國原子能研究所（KARI）所開發的「一體化模組式進步型反應爐（SMART）」。壽命有60年的SMART是33萬瓩的壓水式反應爐，雖然不大但具有一體化的蒸氣產生器與先進的安全裝置，可同時用於發電與其他熱應用（如淡化海水以生產淡水），兩國將進行為期3年的初步研究來審核其建造的可行性，首座SMART機組的費用估計將高達10億美元。

由於多數位於中東與北非的發展中國家均開始發展核能發電，以及當今溫室效應帶來嚴峻的挑戰等，核能發電的市場勢必將逐



▲ 德 2009 年韓國前總統李明博與阿拉伯聯合大公國總統哈利法簽署 4 座核電機組合約（左圖），2011 年現任總統朴槿惠與沙烏地阿拉伯國王薩勒曼簽署 2 座中小型核電機組合約（右圖）。

漸擴大，韓國政府希望在2030年前能完成在全球建造80組核電機組的目標，並達到2成的市場占有率，成為世界第三大核電技術出口國，屆時核電出口收益將高達4,000億美元，同時創造超過150萬個工作機會。除了上述國家之外，韓國亦瞄準印尼、越南、羅馬尼亞、泰國、芬蘭等有發展核電計畫的國家，積極協調以爭取更多出口商機。

由此可見，2011年3月發生的福島事故實際上並沒有對韓國核電工業產生太大的影響，前總統李明博在福島事故發生後3天至阿拉伯聯合大公國參加核電廠動土儀式，韓國核能安全委員會仍於同年12月批准新蔚珍電廠1、2號機組的建設許可，近期與中東國家簽署的核電機組建設合約也都是在福島事故之後，與全面暫停核電的日本形成強烈對比。成功出口核電的原因，除了韓國出產的APR-1400經濟效益極高之外，推測也與韓國核電廠的優良運轉績效與安全紀錄有關。韓國核電廠的容量因數10餘年來一直保持高於90%的水準，全國核電廠3.6%的平均功率損失率也是全球最低，甚至遠低於OECD



▲ 自 2008 年來已討論雙邊核能合作協議的中東國家（資料來源：The Asia-Pacific Journal:Japan Focus）



▲ 古里核電廠（圖片來源：The Korea Herald）

國家的6.4%；且韓國核電廠運轉30年來從未發生任何意外事故，這無疑成為韓國出口核電的最佳活廣告。

但是，成功輸出核電機組後的韓國，國內核電廠卻於近期接連發生各種故障與人為疏失而導致斷電，甚至證明文件造假等醜聞，導致韓國國民對核電安全的憂慮加重，對核電接受程度降低。古里核電廠各機組於2011年時陸續出現數次因零件故障或人為操作失誤導致供電中斷，但緊急柴油發電機均立即啟動，以致任何沒有災害傳出。但2012年2月初，韓國水電與核電公司對古里1號機組進行計畫預防性整修時，發生了古里電廠首次的電廠全黑（black out）事故，緊急柴油發電機也未啟動，導致停止供電12分鐘，電廠也違反規定沒有在事故發生後15分鐘向上呈報，韓國水電與核電公司更拖延到事發一個月後的3月中旬才向韓國核能安全管制機構報告，雖然古里1號後來仍通過IAEA的安全檢查並重新獲得營運許可，在停止運轉5個月之後重新開始營運，但這加重了當地居民與反核團體多少怒火可想而知。

此外，韓國更在2012年爆發大量零件證明文件造假的事件，自2003年至2012年間，來自7個韓國國內與1個美國的供應商，



▲ 首爾「減少一座核電廠」計畫的十大要項（圖片來源：低碳生活部落格、首爾「減少一座核電廠」英文手冊）

共60張、證明7千多件零件合格的文件被查出是偽造的，這些零件大部分被裝置在靈光5、6號機組，少部分在靈光3、4號與蔚珍3號，靈光電廠也在更換這些零件時停止運轉。然而，隔年5月竟又再爆出另一批纜線文件造假，韓國核安最高機構—核能安全委員會（NSSC）下令新古里1號、新月城1號機立即停止運轉，當時因預防性整修而停機中的新古里1號則直接關閉，而剛完工、正等待商轉許可下來的新月城2號想當然耳無法商轉。上述機組都須等到所有纜線更換完畢才可重新啟動，一直到2014年1月，新古里1、2號與新月城1號機才重新開始運轉。

受到此次使用不合格零件事件的影響，將近100位相關人士遭到起訴，韓國國內核電機組的建設進度也因此而延緩，首座APR-1400機組（新古里3、4號機）無法實現原定商轉目標，延後一年至2015及2016年才可商轉。政府也於2013年修訂「第二次國家能源基本計畫（2013-2035）」時，重新研討可持續發展能源的體系，並強化再生能源的發展，核電占比將比第一次規劃－2035年的41％下修至29％，但仍期望核電的裝置容量在20年後能增加一倍，顯示核電占韓國電力組成的重要性仍維持不變。在2014年初通過、價值70億美元的新古里5、6號機組建設計畫，則是造假事件過後首次批准核電廠建設計畫。

出身反核背景的首爾市長朴元淳，2011年受311福島事故與韓國首次大規模停電事件[3]影響，於隔年推出「減少一座核電廠計畫」，帶頭呼籲首爾市民開源節流，目標為結合各界與民間團體，減少同等於一座核電廠發電量的200萬噸油當量（TOE），以行動反對核電。此計畫內容包括：補助市民裝設太陽能板、推行廢水熱回收、推動建築物翻新以提高能源效率、鼓勵更換LED燈等，並推出環保積分制度，讓市民在減少用電消耗的情況下獲得獎勵，吸引民眾一同參與，於2014年6月成功實現節省200萬噸TOE的目標，比原計畫提早了6個月。但照此看來，「減少一座核電廠」計畫說是減少「核能發電」，倒不如說是降低市民對「電力」的消耗，這些動作省下來不僅



▲ 34 所綠色校園大學生為首爾市政府呈現的「降低溫室氣體排放」表演（圖片來源：首爾「減少一座核電廠」官方中文版）

是核電，還有化石燃料的發電量，同時減少溫室氣體的排放，更帶動再生能源發電成長，兩年多下來已省下約22億度電，約核四龍門電廠1/10的年發電量，如此帶動全民節電實在值得我國效仿。

韓國在核電技術領域發展的速度著實令人感到震驚，核電工業也在政府的支持下逐漸於國際展露鋒芒，30年無間斷的發展使韓國核電工業累積了豐富的管理與建設經驗，唯一的統帥KEPCO主導著所有項目，對外主要負責談判與簽約，對內分工明確、井然有序地協調整個團隊的運轉情況：KEPCO通常負責總包，韓國水電與核電公司、KEPCO工程建設公司、KEPCO核燃料公司、斗山重工業與三星建設等下屬與外部公司則分別負責各專業領域，這種整體性使韓國核電工業能夠團結一致，提供一條龍式核電服務，這也成為韓國進軍世界核電市場的優勢之一。由KEPCO所開發的APR-1400甚至於今年初通過美國核能管制委員會（NRC）的審查，是韓國史上首次，這也代表韓國核電機組已可合法入境美國，進攻美國核電市場。

在用過核燃料方面，過去因《韓美原子能協定》規定，韓國對各種核子物質進行再處理或改變型態時均須經過美國同意，等於變相的禁止韓國對用過核燃料進行各種研究。而這份協定已在2013年到期，為了修訂條約，韓美自2010年即開始談判，韓國表示非常需要濃縮鈾技術，以便為國內大量的核電廠生產核燃料，並想對用過核燃料進行再循環，以減少其庫存等。但雙方因歧見過大而無法在2013年達成協議，只好將有效期延長2年，終於在今年4月成功達成協議並重新修訂《韓美原子能協定》。在長達4年半的交涉談判後，美國仍禁止韓國擁有濃縮鈾與重新加工核燃料的權力，但同意在協定有效期內「長期允許」韓國對韓美共同研究的「高溫再處理（Pyroprocessing）」技術進行用過核燃料再循環方面的研究，並將持續討論允許韓國進行低濃度鈾濃縮的可能性，美國也答應將協助韓國解決用過核燃料池將貯滿的問題。

韓國GDP高出台灣許多但電價卻與我國差不多，因電價低導致全國用電量逐年上升，甚至超載而發生全國大停電的狀況，根據首爾「減少一座核電廠」計畫手冊顯示，2011年全國大停電的原因是因為韓國錯估全國電力需求量，將備用容量自2004年的12.2%下調至2011年的5.5%，結果超出負荷而導致這次的事故，近期也因各種維修問題導致電廠暫停運轉，發生供電吃緊的狀況。政府為了穩定供電以維持各鋼鐵、汽車與電子工業工廠運轉，在這種情況下只有加蓋發電廠一途，而能提供基載電力只有火力發電與核能發電，在必須降低二氧化碳排放的前提下，該選擇前者或後者相信答案很明顯，而這也解釋了韓國選擇持續開發核電的原因。

2014 年韓國與台灣核能發電比較			
國家	核能發電	總發電	核能占總發電量比
韓國	149,165,000,000 度	490,372,000,000 度	30.42%
台灣	40,801,000,000 度	215,553,870,000 度	18.93%

資料來源：國際原子能總署反應爐資訊系統（IAEA-PRIS）

註：

1.各機構公布的最新完整韓國能源資料（包括各種能源占比）均為2012年，但就核能發電來看，最新資料為國際原子能總署公布的2014年1,491.65億度（GWh），占總發電量4,903.72億度的30.42%。

2.目前全球運轉中核電機組大部分是第二代反應爐，我國核一、二、三廠共6部機組亦屬之，為了降低爐心熔毀率並提升安全性，90年代有了第3代反應爐的出現，目前正在發展第4代、將於2040年代大規模使用的商用反應爐，核能產氫與海水淡化均列入研發要求。

3.2011年9月15日，因當日用電量最高峰值超出估計值太多，發生了韓國史上首次的大規模停電事故，造成全國162萬戶人民失去電力供應，首爾市區亦為之癱瘓。

資料來源：

1.World Nuclear Association, “Nuclear Power in South Korea,” http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Korea/

2.Korea Electric Power Corporation (KEPCO), “Nuclear Energy Solution,” http://home.kepco.co.kr/kepco/EN/subMain.do

3.IAEA – Power Reactor Information System (PRIS), “Korea, Republic of,” https://www.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR

4.U.S. Energy Information Administration, “International Energy Statistics – Electricity in 2012,” http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12

5.The Asia-Pacific Journal: Japan Focus, “South Korea’s Global Nuclear Ambitions,” http://japanfocus.org/-David_Adam-Stott/3322/article.html

6.SIEMENS, “On the Road to Daegu – SIEMENS Energy Round Table in Daegu,” http://www.siemens.com/press/en/feature/2013/energy/2013-10-round-table.php

7.The Wall Street Journal, “U.S., South Korea Reach Revised Nuclear Deal,” http://www.wsj.com/articles/u-s-south-korea-reach-revised-nuclear-deal-1429705290

8.中華經濟研究院WTO及RTA研究中心《韓國核能發電之現況暨未來之發展趨勢》http://www.wtocenter.org.tw/SmartKMS/www/Epaper/wtoepaper/article371.htm

9.中廣核鈾業發展有限公司《韓國核電「走出去」的歷程及主要經驗》http://www.cgnurc.com.cn/n519826/n526361/c758931/content.html

10.中國國家能源局《韓國核電出口探秘》http://www.nea.gov.cn/2012-08/03/c_131757992.htm

為未來用電留一線生機
核四廠正式封存

文‧洪國鈞

封存的政策背景

103年4月28日行政院江宜樺院長於國際記者會宣布，即日起「核四1號機不施工只安檢、安檢後封存，2號機全部停工」。核四廠「封存與停工」不是「停建核四」，是希望替下一代保留選擇的空間。

台電公司依行政院指示，1號機試運轉安檢工作於103年7月完成後，開始進行封存作業規畫。2號機則在施工進度達91.5%之際，停止施工。並按103年5月14日經濟部函示，台電公司需提報封存計畫，陳經濟部轉行政院核定。

台電已於今年1月起依原能會核定的「核四停工／封存計畫」進行封存準備作業，經過半年準備，核四廠已於6月30日完成封存準備工作，7月1日正式進入封存階段。

封存規範與參考

依據美國核能管制委員會發布一般通告「Policy Statement on Deferred Plants，GL 87-15」說明，對核電廠持照者停止建造或縮減作業至維護狀態的電廠，仍維持有效建廠執照，且未宣布終止電廠興建，此稱為「緩建電廠」。「核四封存」等同美國法規所敘述的緩建電廠。核管會對於緩建電廠有明確規範，核四封存工作也將遵守該法規執行封存作業。

國內以往並無核電廠封存經驗，為了解國外核電廠封存作法，使營運單位能確實做好封存作業的規畫、組織、人力架構、成本、品質計畫與社會大眾溝通等層面，因此參考國外核電廠封存經驗，作為我國封存規畫作業參考。

1號機參考廠──島根3號機

日本核電廠在2011年3月福島事件後，所有運轉中及興建中的核電廠均需重新申請核准才能運轉，機組在長時間停機下，均已進入類似封存的狀態。其中島根核電廠3號機原訂2011年3月31日進行燃料裝填，封存前的施工進度與核四廠1號機完成安檢後封存的情況相當，且島根3號機與核四廠同屬進步型沸水式反應爐（ABWR），因此核四廠1號機選定島根3號機作為封存計畫的參考廠。

2號機參考廠──貝勒豐特1、2號機

美國田納西流域管理局（Tennessee Valley Authority，TVA）下轄的瓦茲霸（Watts Bar）與貝勒豐特（Bellefonte）核電廠已有多年封存經驗，貝勒豐特電廠自1974年開始建造，1988年因電力需求成長趨緩而緩建號機，當時已投入17億美金，1、2號機建造進分別約為90%與80%，兩部機自此進入封存狀態。此建造進度與核四廠2號機封存前

91.5%的施工進度相似，因此核四廠2號機選定貝勒豐特核電廠作為封存計畫的參考廠。

封存工作簡介

從封存開始轉換至維護模式，需要一個周全的轉移計畫，此時設計與建造工作將會立刻停止，因此，再進入封存主體工作時，需建置維護設備的設施與場所，以確保電廠資產能維持在良好封存狀態，並降低將來啟封重建的各項成本投資。

而針對各項設備的特性，建立封存與維護策略，以降低封存期間的人力與維護費用。

（1）不封存的設備、系統

當系統測試完畢後要進行長期封存，為了維持廠房內部溫度、濕度、照明、消防，以及廠內必要設備運轉所需的電源、動力等條件，儀電設備與配電系統須保持通電，以維持照明和封存條件，相較轉換到臨時電源，配電設備可達成高可靠度、低維護成本的需求。因此，配電系統是封存階段所需的基礎設施。組件或設備的維護依成本考量，來決定是採取更換備品或維持現狀。

為達成長期封存條件，下列系統或設備當功能試驗完成後，將會持續運轉，這些系統或設備主要包含了廠房空調換氣設備、輔助冷卻系統、輔助冷卻海水系統、控制用、廠內用壓縮空氣設備、廠內電源系統與輔助鍋爐設備等。

（2）封存的設備、系統

當系統功能試驗完成，並處於注水完成狀態後，此時須考量在長期封存條件下，濕氣可能會對該系統造成鏽蝕危害。因此這類有鏽蝕危害風險的系統或設備必須進行洩水，並對相關的管路系統進行洩水後的乾燥封存，同時進行濕度確認與監視，以確保系統與設備能處於可靠狀態。此時，可以使用乾燥清淨空氣持續性或間歇性的吹放；額外加裝除濕裝置或灌入氮氣保持乾燥後封存，甚至針對必要的閥或管路進行移除與盲板安裝等工作。這種封存方式稱為「乾式封存」。



▲ 核四廠 1 號機循環水泵設備拆除情形


▲ 核四廠 2 號機機反應爐爐內泵灌氮氣封存


▲ 核四廠 2 號機機械真空泵封存掛卡情形

進行乾式封存的系統，主要包含了核四廠2號機全系統與1號機一次側系統（冷凝水系統、飼水系統），在執行洩水工作後進行乾燥封存；而汽機本體則透過送風進行強制乾燥保存。另外，針對發電機本體則採用灌入氮氣保持乾燥後封存。而非運轉待機中但沒有執行拆卸的馬達，也要定期實施絕緣阻抗量測，掌握系統設備的可靠度。針對無法洩水封存的系統，則直接將系統裝滿除礦水後排出空氣後直接封存；或再加入防蝕劑（如鉬酸鈉）或防銹劑，以定期循環運轉方式進行封存工作，這種封存方式稱為「濕式封存」。

進行濕式封存的系統，主要包含了核四廠1號機一次側系統（反應爐壓力槽）及緊急用爐心冷卻系統等，以滿水方式封存。

（3）長期封存與維護方案

長期封存與維護方案，目標是利用預防保養作業來長期維持電廠運轉系統和相關封存設備，以保護資產與保持執照的有效性，並維持所有的要求和許可。而系統工程師則利用現場履勘，檢視廠房結構現況，並審視預防保養方案的有效性。此外，維持電廠構型管理（Configuration Management），一旦在封存期間進行基礎設施修改，必須持續更新相關資料。設計文件管控也必須要持續維持。

（4）廠房管理

不封存的設備，需處於運轉中或待機中的狀態，因此控制室要實施常駐管理，即時監測並掌控廠房相關主要設備的運作。同時，確保永久消防系統在封存計畫中持續可用，並持續保持火災偵測和保護機制開啟，避免火災的危害。

廠區的保全、清潔與廠務工作必須持續，以確保運轉設備的可靠性與封存環境的完整性，進而降低矯正維護與更換品採購成本，以及未來啟封工作的複雜性。

封存現況

核四廠自103年7月完成試運轉測試與安全檢查後，即著手編寫封存計畫書與相關的程序書，並按照系統特性，逐一執行系統封存工作，至104年7月1日起，正式進入封存階段。

現階段的封存計畫以3年做規劃，並將花費34億元維護，以確保設備維持在最佳狀態，節約封存期間的支出，並能在決定啟封後，兼顧經濟、工期與品質三個目標下，恢復到安檢後可裝填核子燃料的狀態。

結語

自日本311福島事件後，日本中國電力公司島根電廠仍然持續投資數百億台幣，建設提升安全，以符合管制單位要求。據悉，全日本的電力公司皆是以持續投資，符合管制要求的態度來面對未來，並相信核電一定會重新啟動，而且符合經濟效益。

從申請封存到重新建造所遭遇到最困難的問題，貝勒豐特電廠認為最大的困難是封存多年後，有經驗的工作人員難再找回。貝勒豐特電廠在2005年宣告停建，雖然TVA公司於2009年決定該電廠重回封存狀態，並準備重建，但是一旦停建後，人力幾乎全數撤離，許多設備已被拆除供友廠使用，未來重建之路恐需耗費龐大金額。因此，核四封存，須秉持「啟封後可用及成本最經濟」原則辦理，封存期間仍須積極準備核四的啟封，並應於3年內儘速作出啟封決定，且不應拖延太久，否則未來需投入的金額將隨封存時間與日俱增，絕非全民之福。

（本文作者為台電公司核能溝通小組溝通工程師）

龍門核電廠建廠管制報導

文・編輯室

主要項目	預定完成日期		次要項目	里程碑			至 5 月底	至 6 月底	達成率
				子項預定完成日期	總量 / 目標		目標值 實際值	目標值 實際值	
封存準備前置作業	1 號機	103.12	編寫與修訂程序書及工作指引	103.12	17	份	17	17	100%
						系統數	17	17	
	2 號機	103.12	建立設備封存清單	103.12	115	系統數	115	115	100%
						系統數	115	115	
完成設備封存準備	1 號機（龍門電廠）	104.06	乾式封存	104.06	30	系統數	24	30	100%
							24	30	
			濕式封存	104.02	2	系統數	2	2	100%
							2	2	
			設備拆除	104.04	3	設備數	2	2	100%
							2	3	
	2 號機	104.06	乾式封存	104.06	115	系統數	60	115	100%
							51	115	
			設備拆除	104.06	90	設備數	87	90	100%
							87	90	

104 年 6 月份重要管制措施

一、5月19日原能會函送台電公司注意改進事項AN-LM-104-1-0。第58次定期視察發現，龍門施工處因人力不足，致部分電氣、儀控設備未依照程序書規定每月進行維護保養，以及反應爐廠房底層的溼度偏高，不利電子零件的正常運作等，要求台電公司檢討改善。

二、5月27日原能會函送台電公司注意改進事項AN-LM-104-2-0。台電公司為因應封存準備作業，將3台RHR馬達自反應爐廠房拆卸運至低階廢料倉庫儲置，但拆卸作業僅依據設備廠家的安裝圖面指引進行，並未建立相關拆卸工作程序書/工作指引，規範設備拆卸、拆卸後檢驗、標示識別、包裝/防護、運送、儲置等相關作業方式，以及拆卸後設備的保養維護與相關施工檢驗與設備品質紀錄更正等，要求台電公司檢討改善。

三、6月5日原能會函覆台電公司龍門計畫管制追蹤案件編號LM-P-08-03，有關龍門計畫電線電纜使用PVC或烏坡林絕緣材質清查查核說明報告意見：1.保安系統亦涉及設備及人員安全，故應納入清查調查範圍；2.查核報告之五、查核結果應辦事項與結論的「外被之標示無法確認」部分尚無最終清查結果，請台電公司持續說明後續清查辦理情形。

日本重啟核電、台灣封存核四

文・江仁台

受福島核災影響的日本，為顧及能源供應穩定多元與減碳環保，預計將在 7 月底重啟川內核電廠，年底前並將陸續重啟一群改良後的核電廠。請大家仔細想一想，為什麼發生過嚴重核災的美、俄、日都沒廢核？而沒發生過核災的台灣一定要廢核？

在別有用心的反核者刻意誇大核災、刻意將氫爆誇張成核爆、危言聳聽後，許多民眾難以分辨，難免心生恐懼隨之反核，造成很壞的影響，使耗資3,000多億、歷時20餘年規劃、辛辛苦苦建成先進的核四廠1號機封存不用，使通過原能會專業審核、停機半年多改良的核一廠1號機卡在立法院不能重啟，使台灣面臨高熱暑期因備用電力不足、可能發生的限電危機。

核電絕對不會產生核爆，核電廠鈾燃料U-235的濃縮度低於5%，而核彈鈾燃料U-235的濃縮度高於95%，核電廠是絕對不會產生核爆的，就像啤酒不會燃燒，而含高酒精濃度的高粱酒則易燃。

福島事故3、4號機圍阻體被爆破，是由氫氣爆炸而非核爆造成。氫爆是因高溫鋯（Zr）包管與水蒸氣化學反應產生鈾燃料外的保護包管鋯，在核電廠發生事故無水循環時，因缺乏水冷卻，溫度會急速上升，高溫的鋯包管會與水蒸氣進行迅速的放熱反應，產生大量的氫氣；如果累積的氫氣團無法洩出，遇大量空氣時，會與空氣中的氧急速燃燒，產生瞬間高壓，將核電廠的圍阻體爆破，稱為氫爆。

為阻止氫爆，改良後的圍阻體內會充填氮氣，並有除氫氣裝置；此外，還在圍阻體壁上開足夠大的孔，並有過濾裝置，可阻擋帶放射性同位素的微塵，讓氫氣洩出，以阻止氫爆。而核四廠的圍阻體就是這種改良型的圍阻體。

在核電廠正常運轉時，鋯包管不會與水蒸氣進行反應。因此，核電廠爐心只要維持冷卻水循環不斷，就是安全的。核四廠在後山上建有龐大的生水池，不需電力，利用重力差就可提供額外的爐心冷卻水循環，使核四廠運轉更安全。

（本文作者為美華核能協會會長）

福島核災四年之後的日本
核電仍是最便宜的能源

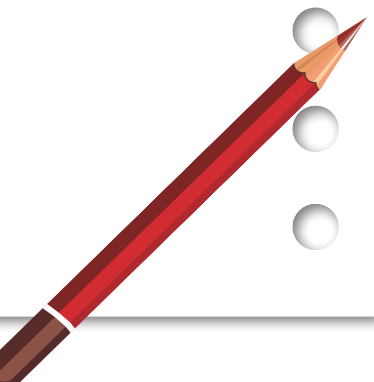
文・呂錫民

今年5月上旬，一組日本能源專家核准了一份政府報告，內容談到：儘管2011年福島核災導致安全成本上升，但是核能仍然是最便宜的電力來源。預期太陽能發電會過剩，日本政府規劃到2030年的核電占比為20%到22%，強調其堅持使用核電的政策，即使大多數日本民眾仍然反對重啟閒置的反應爐。

日本經產省預估在2030年核電的成本為每度10.3日圓（約台幣2.47元），比來自化石燃料、天然氣、風力和太陽能等能源的電力便宜很多。該數據比在2011年所預估的每度8.9日圓要來得高，原因在於：在反映福島核災情況下，核電廠除役成本和嚴重事故賠償金額，從2011年的5.8兆日圓躍升至9.1兆日圓。日本經產省評估，一座核子反應爐附加安全措施成本為601億日圓。但是，就總體而言，這對核電成本的增加是有限的，因為在電力公司完成他們的安全措施之後，核電事故發生的機率將會減少。

在該份報告中，經產省還同時預估2030年的燃煤發電成本每度將為12.9日圓，液化天然氣13.4日圓，風力發電成本每度將高達34.7日圓，太陽能發電16.4日圓、地熱發電16.8日圓，和水力發電27.1日圓。在去年通過的國家能源政策中，首相安倍晉三承諾減少對核電的依賴，促進再生能源的使用，同時認同核電為關鍵能源，強調穩定電力供應對日本經濟成長的重要性。

國際能源總署前執行董事田中伸男認為：日本減少曾占到總電力將近1/3的核電，此舉顯現了對福島核災的過度反應，並低估中東地區的動盪風險。日本進口化石燃料占比超過90%，尤其特別依賴來自中東的石油和天然氣。田中說：伊朗或霍爾木茲海峽發生危機的機率可能比每1,000年才襲擊一次的福島海嘯更加頻繁，我們必須為那種緊急情況



作好準備。田中先生又說：日本應致力在2030年前達成30%的電力來自核能的目標，同時儘快開始建設更安全、更新型的反應爐。

日本相關人士認為，政府恢復核電同時也將關係到民間公司的存在和百姓工作的確保。長期支持核能工業的日本經產省高官都渴望核電能夠啟發更廣泛經濟的支撐作用。全球六大核電廠技術製造商其中就有四個是由日本人所經營：日立、三菱重工、東芝和由東芝擁有但總部設在美國的西屋。日本經產省配比能源小組的成員在最近一次會議說到：在使用核電的同時，日本人可以在日本國內使用日本技術和人力資源。目前許多日本企業──包括核電廠技術製造商東芝和三菱重工──在全球市場中處於有機會成為領導者的有利地位。

日本預測太陽能發電會過剩的原因為：公用事業拒絕升級他們的電網系統，以收納政府電力收購制度下所有分散式太陽能系統所發的電。一項研究發現：日本七大電力公司缺乏接納所有太陽能發電所需的電力輸送容量。整體而言，他們只能收納58%太陽能設備所發的電力，因此日本經產省決定開始盤點這些電力部門的分散式電力傳輸容量，尤其是當有五家電力公司，公然對抗政府鑒於福島災難增加再生能源發電的計畫，企圖限制潔淨電力納入電網的時候。在日本的政府電力收購制度下，公用事業必須在一段期間以固定的費率，收購來自太陽能、風力和地熱等再生能源所發出的電力。但是日本政府電力收購制度碰到阻礙，原因在於民間對太陽能發電的一窩蜂投入，促使公用事業暫停新電力採購契約的簽訂，因為他們擔心分散式發電系統的產能過剩將造成大區域的停電。目前，為了重啟供電大門，日本所有核電商社將旗下的核子反應爐保持離線，以便進行符合福島核災事故後新研擬更嚴格安全條例的檢查。

作者認為，台灣處境與日本類似一經濟仰賴出口，能源無法獨立一尤其在歷經311核災之後，日本最近能源政策發展，應有值得台灣借鏡之處。例如，在考慮環境保護與經濟發展的雙重因素下，於發展潔淨能源初期，核電不得不視為一項過渡能源或能源選項，尤其是在全球永續發展使命下，捨棄核電而不用也是一種很奇怪的政策。

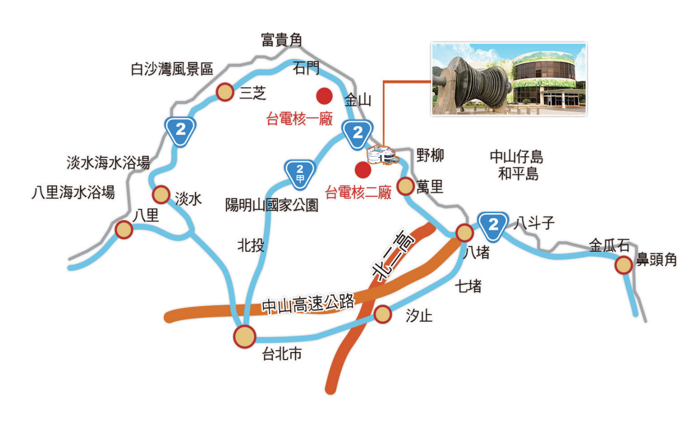
另外，日本政府花這麼多時間專注於2030年數字的預測，而不立即投資節能技術和高效率製程是完全有悖常理的；事實上，有用的能源政策在於建立健康的社會與繁榮的經濟，節約能源與尋求高效能此兩項措施，在一個國家的能源政策當中絕對不可缺席。

（本文作者為台大能源研究中心前研究員）

北海岸最美的博物館—
台電北部展示館

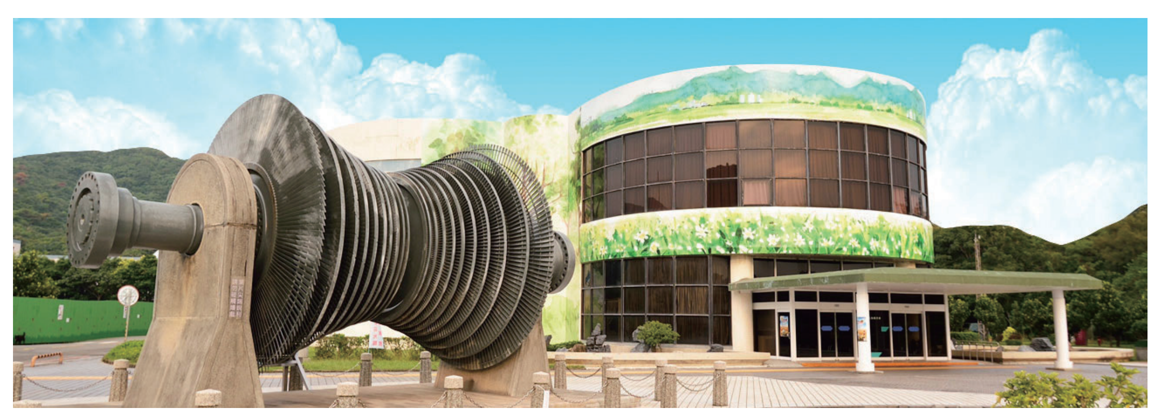
文・編輯室

北海岸，背山臨海，分布著岩岸與沙岸兩種地形，除了是台灣最富地質風情的寶庫，也是候鳥季節性遷移必經之地，是北台灣絕佳的賞鳥勝地。可能很多人不知道，這一帶還有個知性的旅遊景點——台電北部展示館，裡面有關於各種能源與環境的展示品，生動活潑的互動式說明，內容淺顯易懂、寓教於樂，非常適合各種年齡層的民眾到此一遊。

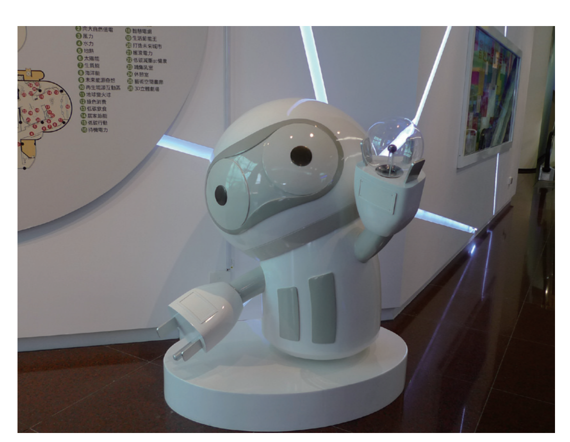


校外教學、團體旅遊的最佳去處

民國74年就已設立的台電北部展示館（後稱北展館），由日本博報堂公司負



▲ 台電北部展示館位於北海岸，風景秀麗、交通便捷，適合全家大小到此一遊



▲ 一進北部展示館大門，就看到可愛的機器人向大家招手，觸碰他手上的靜電球，就會發出炫麗的光束，引導民眾進入奇幻的電力世界



▲ 走進電力的時光隧道，展開一場奇妙的能源之旅



▲ 以一根古老的木質電線桿，娓娓述說台灣艱辛的電力發展史。建館之初，館方人員大費周章遍尋各地，才找到這支杉木材質的電線桿，它可是遠從日治時期留存至今的珍貴寶貝喔！



▲ 手機也有電磁波？！快把手機拿出來測試一下

責整體規劃，日本乃村公司作展示品的細部設計，日商守谷商會負責展示設備的施工，建築本體則由中華工程公司負責，79年10月竣工，80年5月2日正式開放供各界參觀。103年7月重新更新展品內容，徹底翻修完成；更新後的北展館內容豐富多元化，色彩鮮豔活潑，模型道具細緻生動，令人耳目一新，已達到國際級博物館的等級，非常適合各級學校來此舉辦戶外教學。

北展館館長杜美鈴甫於5月底接掌北展館，一上任就積極打響北展館的知名度，多場大型研討會、社團會員大會都將在此舉行。杜館長表示，以身為北展館的負責人為榮，更親自為本刊記者介紹北展館的規劃與特色：



▲ 參觀民眾聚精會神的觀看 1/2 比例反應爐模型的說明，聲光效果十足的展示非常吸引民眾目光，館方特別加上水影波動的特效，民眾可清楚了解核子反應爐內的運作情形。

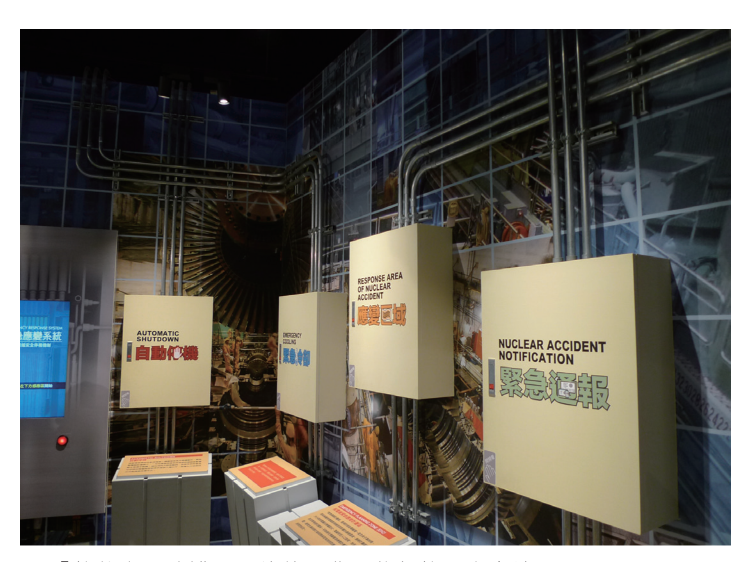
一樓展區：

1.電從哪裡來：介紹世界電力的發明與科學家，以及台灣電力的發展與歷史。

2.資訊區：北海岸旅遊路線、台灣的核電廠、台電即時資訊等。

3.核能發電：設有實體1/2比例的核子反應爐模型、體驗型裝置及大型光雕劇場，讓參觀者透過簡易的展覽操作、劇場解說，就能瞭解核能發電原理與核電的價值。

4.核能安全防護：利用體驗型裝置、影片等，介紹核電廠的安全管理與防護機制，揭開莫測高深的神秘面紗。



▲ 「核能安全防護區」的牆面背景仿似核電廠實地工作環境，讓民眾彷彿走進電廠內部、身歷其境。



▲ 這一個個模擬家中總開關電氣箱的盒子，是顯示發生緊急事故時的各項緊急應變系統；打開「緊急通報」的盒子，拿起話筒之後還會有語音說明呢！

5.世界核電紀事：介紹世界核電發展的狀況、未來核能科技的發展與核電議題的觀點。

二樓展區：

1.多元發電：設置多樣化模型與互動裝置，介紹風力、水力、太陽能、生質能等再生能源的發電原理與應用。

2.低碳樂活：設有大型投影、節能屋，參觀者透過解說、影片、互動體驗，可認識節能減碳的目的與方法。

3.電力補給站：利用寓教於樂的遊戲方式，讓參觀者在跑步發電、手搖發電等遊戲中，親身體驗電力得來不易，以及不同發電方式的排碳與減碳效益；本區並設置身高、體重、血壓計，供參觀者檢測自己的健康指數。



▲ 來自日本的核能專家參訪北展館時，對台灣核電廠七層安全防護機制印象非常深刻，表示如果福島核電廠也有這些完善的措施，就不會發生福島核災

4.藝術空間畫廊：展出名家畫作及民俗藝品，如書法、繪畫、陶藝、雕塑、攝影等。儘可能提供當地藝術家展示作品的空間與平台，以鼓勵在地藝術生根茁壯。

3D立體劇場

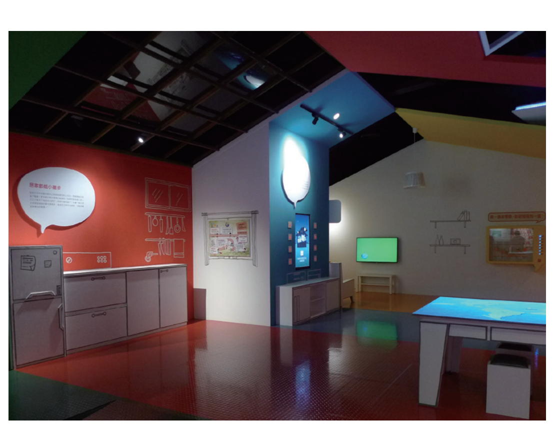
　　北展館設有最新型劇場數位投影系統，播放3D立體影片，高畫質、清晰、絢麗無比的數位化立體世界，加上環繞音響系統設備，讓遊客感受身歷其境的震撼與衝擊效果。



▲ 再生能源專區，介紹各種再生能源的發電原理與應用



▲ 北展館提供優質的展覽場地，鼓勵北海岸當地藝術家們來此展出作品



▲ 節能屋中處處都能學到如何在日常生活中節能減碳



▲ 3D 立體劇場，影音特效讓民眾大呼過癮



▲ 大家都來搖一搖，看看人力發電的效率究竟如何



▲ 圓弧形的休憩室，無敵美景令人身心舒暢



休憩室

2樓規劃有可同時容納80人的休憩室，可遠眺野柳岬及國聖灣的美麗海景，提供家庭、團體出遊、參訪時休憩用。北展館2樓還有販售美味的冰棒與咖啡，民眾可在此一邊品嚐美食，一邊欣賞美景。

專人導覽解說 輕鬆認識能源與電力

北展館提供專業的解說服務，讓觀眾在輕鬆、自然的氣氛中，進入能源與電力的奇妙世界，參觀結束還會有精美紀念品，非常適合機關、團體、學校來此「充電」。

北展館附設寬廣的停車場，可容納74輛小汽車、7輛大客車、120輛機車，供參觀來賓免費停車。為提倡自行車旅遊，北展館設置自行車架，並提供輪胎打氣及上油服務。目前該館為實施節能減碳措施，外觀正進行低碳社區改建施工中，內部仍正常開放參觀。

／開放時間／

星期二至星期日 08:20 ～ 16:20

・星期一（逢假日順延）／農曆除夕及年初一休館

・北展館免費開放，歡迎自由參觀

・預約導覽，請聯絡：

電話：（02）2498-5112 或 5113

傳真：（02）2498-6500

北展館地址：新北市萬里區野柳里八斗 60 號

網址：http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/north/index.html

／交通指引／

台電北部展示館位於省道台 2 線 45 公里處，交通便捷；附設免費停車場，民眾可自行開車前往，也可搭乘大眾運輸工具前往：

一、自行開車

1. 國道 1 號高速公路→八堵交流道下→往萬里／金山方向
2. 國道 3 號高速公路→基金交流道下→往萬里／金山方向

二、大眾運輸工具

1. 淡水客運 862 線／「臨海橋」站下車，步行 100 公尺
2. 基隆客運 953、1068 線／「臨海橋」站下車，步行 100 公尺
3. 國光客運 1815 線／「臨海橋」站下車，步行 100 公尺

三、自行車

配合鄰近的萬里金山自行車步道，北展館設置自行車架，並提供輪胎打氣及上油服務。

核災緊急應變 不可不知

文・編輯室

什麼是緊急應變？

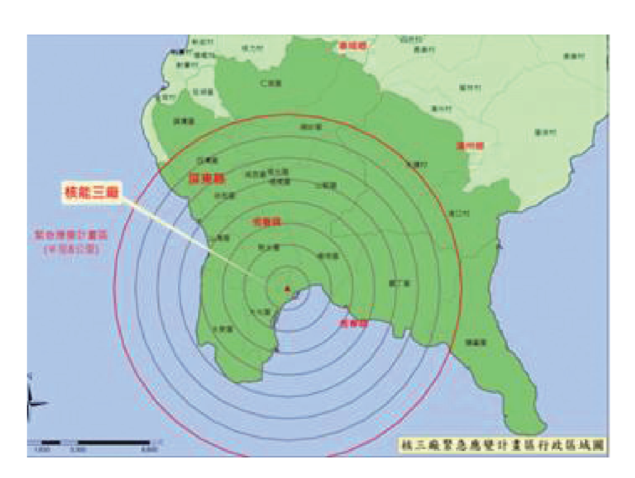
核子事故緊急應變是核能安全的最後一道防線，事故應變工作首重「預防」，我國原子能委員會已建立完整的核災應變機制，涵蓋「減災、整備、應變、復原」4個階段。

越靠近核電廠的地區，受到核子事故影響風險自然就越高，因此政府必須在緊鄰核電廠的四周劃定緊急應變計畫區，做好各項核災準備的預防工作。

核災發生時，由於事故狀況不同，實際需要疏散的區域與範圍也不同，和上述事先劃定的緊急應變計畫區並不一定相同。

參考日本福島事故的經驗，原能會採取核電總體檢的深度防禦精神，除了將緊急應變計畫區由5公里擴大為8公里外，也規劃在緊急應變計畫區外，對超出預想事故作延伸的準備。





防護時機

我國的核電廠發生事故的機率可說是非常的低，即使萬一發生事故，因為有多層防護措施，也不會很快的擴散，我們有足夠的時間來應變。

那麼何時須展開防護呢？當核子事故警報聲發布時，民眾就必須展開自我防護。這時請保持冷靜，隨時瞭解政府所發布的消息，配合各項應變措施。

碘片服用

自我防護掩蔽時，中央災害應變中心會根據事故的發展情況下達服用碘片的命令。服用碘片的目的，是要讓人體先吸收這種穩定、安全的碘，就能避免放射性碘在體內聚積，達到保護身體的效果。

服用時機

為了達到有效保護功能，碘片服用最恰當的時機是放射性碘外釋之前、至放射性碘外釋後6小時內，超過6小時其保護功能將遞減。核子事故中央災害應變中心會適時透過電視、收音機、廣播系統指示民眾服用。



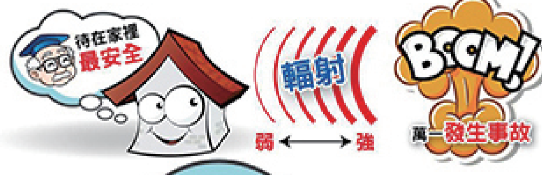


當下掩蔽最重要

核能警報發佈後，保護自己最好的方法，
就是減少輻射接觸的機會，
第一時間應該採取「掩蔽」行動。

游離輻射防護三原則：

1. 時間（減少暴露時間）
2. 屏蔽（鉛板、鋼板或水泥牆來擋住）
3. 距離（離開放射源強度就會減弱）



大多數的放射線
會隨著時間快速地減低強度，
避免受輻射污染最好是儘量待在室內（水泥牆遮擋）
關閉門窗及空調，減少外出。

掩蔽，是核災發生後的最佳生存手段

輻射魔法師——
輻射照射食品　延長保鮮期

文・編輯室

什麼是輻射照射食品？

輻射照射食品是在食品加工過程中，利用游離輻射照射（如鈷60），以抑制發芽、殺蟲、滅菌或防腐、保鮮等。目前，衛生署公告可照射的食品有脫水蔬菜、調味料、辛香料、冷凍畜肉、冷藏禽肉、中藥材原料、科學中藥、大蒜、洋蔥、豆類、穀類、馬鈴薯等。經過輻射照射處理的食品，其包裝上應顯著標示輻射照射處理標章，以供民眾辨識。

輻射照射除了可以抑制食品中的微生物，降低病原菌傷害人體健康的可能性外，還可以搭配低溫殺菌處理食品，達到更好的滅菌效果。輻射照射還可以延遲新鮮蔬果的熟化，進而延長食品的保存期限；例如，經過輻射照射的馬鈴薯較不容易發芽。

此外，輻射照射食品只是使食物通過照射場，由於照射的能量強度不足以改變食品的化學性質，也不會直接接觸輻射源，因此，不會有「放射性殘留」，更不會殘留有毒的化學物質，因此比用化學藥劑控制微生物更受食品界的歡迎。



輻照食品的優點

目前常用的殺菌方法有3類：第一類



▲（圖片來源：截取自「你這麼好騙，你家裡人知道嗎？」Facebook 專頁 2015.05.03）



▲ 將已完成準備的產品在裝貨站裝入照射滅菌容器——滅菌箱中進行輻射照射（圖：中國生化科技公司提供）

是物理法，包括：1.低溫法：採用冷藏、冷凍、低溫儲藏，主要目的是抑制細菌繁殖及產生毒素；2.加熱法：由於細菌大多不耐熱，採用烹飪，以中溫、高溫加熱來殺菌；3.乾燥脫水法：以除去細菌繁殖所需要的水分環境；4.真空包裝法：可以抑制需氧微生物的生長。其他還有微波、減壓、磁場等殺菌方法。

第二類是化學法，採用化學藥物（如防腐劑、殺菌劑、殺蟲劑或添加食鹽、酸、糖類、水活度劑、脫氧劑等）的方法殺菌。

第三類是微生物法，如酒精發酵、乳酸發酵、醋酸發酵法，可以抑制細菌的繁



殖，多用於發酵食品的生產中。

以上方法是目前食品加工中殺菌、貯藏保鮮的主要方法，但仍有許多食品不適用。經過長期的研究和探索，人們發現輻射處理技術在食品的殺菌處理方面具有獨特的技術優勢：

1.保持食品原有的成分和風味

輻照殺菌是一種特殊的冷加工技術，它在常溫下殺菌，x射線、γ射線或電子束能量高、穿透力強，在殺菌的同時，不會引起食品內部溫度的升高，能夠最大限度的保持食品特有的風味，不影響產品的營養和食用品質，即使在冷凍狀態下也能進行輻照處理，因此被稱作「冷滅菌法」。

2.輻照食品中沒有藥物殘留，不污染環境

食品輻照技術不會誘發產生放射性，更無放射性殘留，其安全性已得到國際專家的肯定，被世界所公認。這種物理加工方法也不會污染環境，被認為是21世紀替代環氧乙烷和溴甲烷殺菌的最好方法。

3.輻照殺菌效果徹底

輻照處理法可以把表面和內部的各種寄生蟲和致病菌一起殺滅。γ射線等電離輻射具有極強的穿透力，可以殺滅果實內部的害蟲及蟲卵，殺滅微生物的效果遠遠大於傳統方法。另外，人們還可以根據產品的要求任意調節輻照劑量，而達到不同的殺菌程度，直到完全滅菌。

4.能夠達成對成品、包裝食品的加工處理

γ射線的穿透力強，能夠達到產品深處及大包裝產品內部，不受產品的結構、形態和包裝的影響，徹底殺菌、殺蟲。對於需要密封包裝的食品，輻照時不受溫度影響，不用打開包裝，特別適合對已包裝好的成品進行消毒殺菌處理，避免產品在生產加工過程中的二次污染，方法快捷且方便。

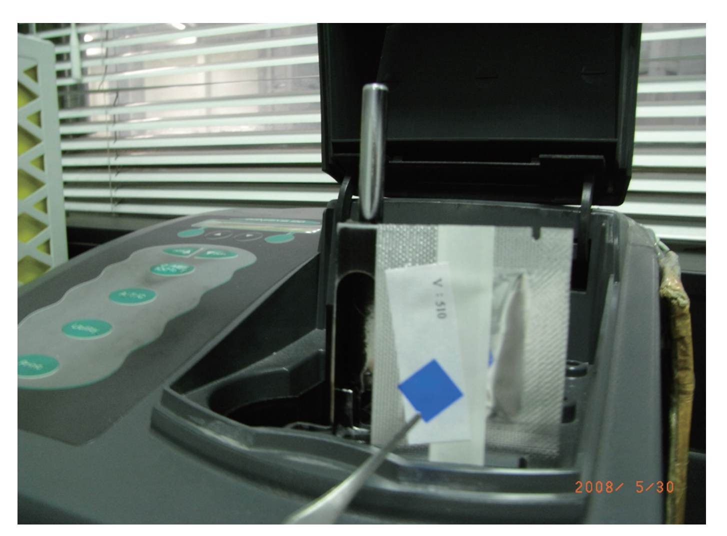
5.輻照技術處理成本低、能耗少

食品輻照技術在國內外已進入商業





▲ 在此四層架系統可由控制鍵盤上預先設定控制，將滅菌箱裝入照射貨架上，滅菌箱的交換，可使產品均勻接受輻射照射劑量（圖：中國生化科技公司提供）



▲ 輻射劑量偵測系統（圖：中國生化科技公司提供）

化，一大批商用輻照裝置鈷60-γ射線裝置、高能工業電子加速器應運而生，輻照食品的批量生產已成為可能，大幅降低了食品輻照的成本。據1976年國際原子能機構計算，食品採用冷藏需要消耗能量90瓩（h/t），巴氏加熱消毒為230瓩（h/t），熱消毒為300瓩，脫水脈衝處理700瓩（h/t），而輻照消毒品只需要6.3瓩（h/t），輻照巴氏消毒僅為0.76瓩（h/t），節約能耗為70%-90%以上，節省了大量能源，受到普遍的歡迎。而且輻照滅菌速度快，操作簡便，加工易控制，可進行大規模生產。

輻照食品的安全性

以輻照來保存食品，長期以來引發許多爭議，焦點就在於食品輻照後是否安全衛生，無害於人體健康？

美國食品及藥物檢驗局、農業部、能

表 1. 我國食品輻射照射處理標準

限用照射食品品目	限用輻射線源	最高輻射限能量（百萬電子伏）	最高照射劑量（千戈雷）	照射目的
馬鈴薯、甘藷、分蔥、洋蔥、大蒜、生薑	電子	10	0.15	抑制發芽
	X 射線或 γ 射線	5		
木瓜、芒果	電子	10	1.5	延長儲存期限；防治蟲害
	X 射線或 γ 射線	5		
草莓	電子	10	2.4	延長儲存期限
	X 射線或 γ 射線	5		
豆類	電子	10	1	防治蟲害
	X 射線或 γ 射線	5		
其他生鮮蔬菜	電子	10	1	延長儲存期限；去除病原菌的污染
	X 射線或 γ 射線	5		
穀類及其碾製品	電子	10	1	防治蟲害
	X 射線或 γ 射線	5		
生鮮冷凍禽肉及機械去骨禽肉	電子	10	5	延長儲存期限；去除病原菌的污染
	X 射線或 γ 射線	5		
生鮮冷藏禽肉	電子	10	4.5	延長儲存期限；控制旋毛蟲生長
	X 射線或 γ 射線	5		
生鮮冷凍畜肉	電子	10	7	延長儲存期限；控制旋毛蟲生長
	X 射線或 γ 射線	5		
乾燥或脫水的調味用植物（包括香草、種子、辛香料、茶、蔬菜調味料）	電子	10	30	防治蟲害及殺菌
	X 射線或 γ 射線	5		
花粉	電子	10	8	延長儲存期限
	X 射線或 γ 射線	5		
動物性調味粉	電子	10	10	延長儲存期限
	X 射線或 γ 射線	5		

參考資料：

1. http://www.iner.gov.tw/siteiner/wSite/ct?xItem=5514&ctNode=398&mp=INER
2. http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E8%BE%90%E7%85%A7%E9%A3%9F%E5%93%81
3. http://www.china-biotech.com.tw/qa02.asp
4. https://consumer.fda.gov.tw/Law/Detail.aspx?nodeID=518&lawid=138

源部及各大學的科學家審查了幾百個有關食品輻照的研究，都得到安全的結論。丹麥、瑞典、英國及加拿大的科學委員會與世界衛生組織也對食品輻照背書，已有38個國家允許食品輻照，核准產品超過224種。

任何一種處理方法都會引起食品的變化，輻照產生的化學物質量非常少，只能以ppb（10億分之一）來計算，而且只能用非常敏感的儀器偵測。食品經由烘烤、炸、冷凍所產生的化學變化，遠較輻照方式的更高。

1.輻照過的食品無放射性物質的污染和衍生的放射性物質產生

用於食品照射的能量尚不足以使食品變成有輻射性，照射是使食物通過照射場，但食品絕不接觸照射源。照射時能量通過食品就像光線通過玻璃一樣，能量破壞了大部分的病菌，而仍使食品維持高品質。由於照射的能量強度不足以改變食品的原子，而且食品從未接觸射源，所以食品不會被放射性物質污染，也不會有放射性物質殘留。

2.不會有毒性物質的生成

迄今為止所做的大量動物實驗中，即使投以多種經過50千戈雷（kGy）劑量照射過的食品飼養的實驗動物，也從未發現引起實驗動物急性中毒和慢性中毒，也沒有發現由此引發的癌病變。1977年世界食品輻照諮詢組明確宣布：輻照食品屬物理加工方式，不存在化學物質污染。

3.沒有微生物類發生變異的危險

食品輻照加工所達到的生物學上的安全性與其他現行的食品處理方法相比並無差異。微生物經輻照後不會增加其致病性及毒素的形成力，也不會誘發其抗性。1980年，JECFI專家會議認為：輻射食品在微生物學和營養學上都不存在問題，不需要再進行毒性試驗，可以「推薦接受」。

4.對營養物質的破壞力不大

輻照食品不但仍具有營養且是衛生安全的，事實上在較高劑量（用來延長櫥架壽命或抑制有害細菌）營養的損失，與烹調或冷凍相比也是較少或相同。較低劑量時（1千戈雷以下）營養的損失則微乎其微或根本無法測出。所有食品的加工形式－烹調、冷凍、製罐或儲存都會使營養降低一些。輻射不會使食物變熱，大部分的人無法覺察風味或組織有任何改變。



日本川內核電廠已開始裝填燃料

文・編輯室

位於鹿兒島縣的川內核電廠在今（2015）年4月獲准重啟後，已於7月初開始裝填燃料，預計將於今年下半年開始商轉，成為日本福島事故全面停核後，第一座重啟的核電廠。

由九州電力公司負責運轉的川內核電廠，擁有2部89萬瓩的壓水式反應爐，因福島事故的關係，分別於2011年5月與9月停止運轉並進行定期調查，自日本決定重建其核安框架迄今已過了將近4年。

除了成立一個新的獨立核能安全監管機構之外，制定核能安全規範的日本原子力規制委員會訂定更高規格的核能安全標準，而各個電力公司也因此提高各個核電廠的安全。川內核電廠先後重啟，主要是因為鹿兒島地方政府的支持，九州電力公司原計畫將於7月底即重啟反應爐，但因為執行額外的檢查需要，決定向後推遲重啟時間。原子力規制委員會自3月即開始對川內核電廠進行安檢，於7月6日由九州電力公司宣布所有檢查工作均已完成，將於7月7日開始裝填燃料，川內1號機將首先重新啟動，裝填燃料明顯是運轉電廠中非常重要的一個步驟。

在核安監管機構的監督之下，川內1號機組預計在9月達到正常發電功率，2號機將於兩個月後開始加入運轉的行列。在地方政府的支持下，另15部最為迫切需要的反應爐也正在重啟的程序中。

▲ 川內核電廠的兩座核電機組（圖片來源：九州電力公司）

資料來源：

07/06/2015, WNN News, http://www.world-nuclear-news.org/RS-Fuel-loading-for-Japanese-reactor-restart-0606151.html

核能新聞

文．編輯室

國外新聞

福島核電廠放射性汙水處理工作即將完成

東京電力公司於今（2015）年5月底宣布，位於福島1號機組所有汙水貯存槽中的高放射性汙水基本上均已透過ALPS多核種移除過濾系統處理完畢，但因水泵無法將貯存槽底部抽乾，導致底部仍殘留部分汙水，必須盡快拆除貯存槽以便清理殘餘的汙水。

因福島事故所產生的放射性汙染物洩露至土壤、空氣與海洋中，至少25萬噸需要處理的放射性汙水因此而產生，必須先將汙水內的放射性核種除去才可排入海洋。東京電力公司原計畫在今年3月完成所有汙水處理的工作，但計畫推遲至5月31才完成。當時貯存在福島核電廠的各種放射性汙水占福島電廠貯存槽的97%，剩下3%為含有鈣、鎂等海水成分含量相對較高的汙水，因福島事故發生後均使用海水持續的對受損反應爐進行冷越，一直到淡水系統恢復才停止。

東京電力公司表示，汙水處理工作達成後將可降低電廠內的輻射劑量，於今年3月就已達到輻射劑量每年1毫西弗的目標，這同時也降低了電廠內外工作人員在此工作的危險性。

（2015.05.27, WNN）

韓國古里 1 號反應爐將於 2017 年停役

根據韓國水力與核能公司（KHNP）於近期宣布，韓國首座核電機組古里1號機將於2017年6月停役。

古里1號機為57.6萬瓩的壓水式反應爐，於1978年開始商轉，2007年整修後獲准延役10年至2017年，隨後韓國KHNP再次提出延役申請，希望能運轉至2027年，但KHNP表示已放棄第二次延役的申請。如此一來古里1號機將成為韓國首座進入除役程序的反應爐，KHNP表示，雖然古里1號的安全仍是有保證的，但因韓國核工業正面臨打破舊思維的時代，會嘗試去跟電廠員工解釋這個決定，古里1號的除役將會是一個契機，也會是一個挑戰。

（2015.06.16, WNN）

美國維吉尼亞州擁有發展核電的潛力

維吉尼亞州的湯瑪士傑佛森公共政策學院（Thomas Jefferson Institute of Public Policy）表示，核能發電是乾淨且安全的能源，並可以幫助該州扭轉能源赤字。

湯瑪士傑佛森公共政策學院在一篇題為「維吉尼亞州有能力帶領國家復興

核電」的論文中指出，維吉尼亞州將在2021年時，將比今日多需要4百萬瓩的電力，只需要再4座反應爐即可滿足此電力需求。該論文提出疑問，人類正在跟氣候變遷的問題搏鬥，如果溫室效應真的存在，公共政策應該著重在哪個部分，我們又該怎麼做來幫助環境舒緩，並為自身提供優良的生活水平？文中同時也指出，目前專家已證實，平均每座核電機組每年可發展將近5億美元的貨物與服務貿易，除此之外，一座核電廠一年可為勞工帶來400-700個全職穩定工作機會，與將近4千萬的收入，比當地一般的工作多出36%的薪水。

維吉尼亞州現有北安娜（North Anna）1、2號機組和薩里1、2號機組，提供350萬瓩的電力，電力需求占該州的36%。美國目前的發電量中有將近4成來自燃煤發電，27%來自燃氣，2成來自核能，剩下約13%來自再生能源。維吉尼亞州為美國第二大電力進口州，進口量僅次於加州。

（2015.06.12, Nuclear Street News）

國際原子能總署批准在哈薩克建立核燃料銀行

國際原子能總署（IAEA）理事會已於近期通過於哈薩克當地建立低濃縮鈾核燃料銀行（IAEA Low Enriched Uranium Bank），並由哈薩克營運，以確保IAEA成員國因各種原因在國際市場無法取得核燃料的情況下仍有地方可獲得，以用來維持核能發電機組運轉，IAEA理事會同時也同意核燃料銀行過境俄羅斯的燃料輸送協議。

IAEA總幹事天野之彌（Yukiya Amano）表示，由理事會批准的這兩份協議無疑是國際核燃料銀行計畫的重大里程碑，今後將全力推動這個項目的實施。

IAEA理事會於2010年底即授權哈薩克，在哈薩克境內建立國際核燃料銀行，哈薩克於2011年提出希望能主導其經營，之後IAEA與哈薩克即開始討論細節與協商。而IAEA也將承擔核燃料銀行的購買與運輸成本，還有各種設備以及營運的費用；哈薩克則負責低濃縮鈾的貯存花費，包含提供場地以及場地的維持維修費用，以及人力成本等。

國際核燃料銀行的目標，是貯存足夠一座1百萬瓩的輕水式反應爐，進行2-3次的裝填所需要的低濃縮鈾，除了IAEA之外，美國也擁有自己的核燃料銀行。

（2015.06.11, IAEA）

美國能源部為核能研發提供資金

美國能源部將提供6,000萬美元的研發獎金給68個核能研發計畫，這些計畫均有在科學上創造突破的潛力，其中有幾個計畫還涉及跨國合作。約有3,100萬美元的獎金將頒給美國「大專院校核能研究計畫（NEUP）」中的43個計畫，350萬美元將為美國9所大學的研究用反應爐，與反應爐設施改良計畫提供資金。

這些計畫的領域涵蓋核燃料的循環研發、反應爐概念的研發與示範、進步型核能模型與模擬與燃料循環的安全等，NEUP中則包含了4個以英國為主要的英美共同研究計畫，將得到由「英國工程與物理科學研究委員會」提供，共260萬

美元（170萬英鎊）的獎金。

美國能源部部長於宣布贊助計畫時表示，他仍然堅信無碳排放的核能未來將在美國能源藍圖中扮演著很重要的角色，而這些贊助也將為核能相關的研究計畫提供實質的保障，因而長期支持國內核工業的發展。

（2015.06.08, WNN）

日本將於 9 月撤除楢葉町的避難指示

日本政府於近期通知福島縣楢葉町，自2011年3月福島事故後開始的避難指令將於9月5日撤除。

楢葉町的避難指示取消由日本經濟產業省、負責核災應變的總指揮──國務大臣洋介高木（Yosuke Takagi）傳令下達。楢葉町町長松本表示，在經過4年多的避難指示終於撤除，對楢葉町來說非常的重要，今後將致力於恢復楢葉町原本的模樣。同時松本也提到，由於市民因福島事故而喪失對核安方面的信心仍未完全恢復，要重建以前的生活以及恢復環境將會是一個艱難的挑戰，今後將朝向3個目標：先恢復安全的生活環境、加強重建生活的措施與創造富有生氣及吸引力的社區邁進。

（2015.07.09, JAIF）

美國新墨西哥州與德州均對接收用過核燃料展現高度興趣

位於美國西部的新墨西哥州與德州，將可能成為美國用過核燃料貯存困境的救星。

兩個相鄰的州均對外宣布，期望政府能將用過核燃料貯存場設於該州，並將於明（2016）年對此向核能管制委員會（NRA）提出申請。

與數十年來反對雅卡山（Yucca Mountain）處置場的內華達州不同，新墨西哥與德州非常積極爭取這個機會，並將其視為高利潤且高科技的設施，兩州均計畫將貯存場建立在已建有大量包括放射性廢棄物管理等核子設施的地方，且兩州均希望擴大其廠址區域，特別是新墨西哥州甚至表態，願意考慮在州內建造用過核燃料的再處理設施。

在美國處理低放射性廢棄物的Waste Control Specialists公司（WCS LLC）的經營下，核廢棄物管理工業已經在德州西部的安德魯斯縣（Andrews County）發展起來，目前擁有兩座低放射性廢棄物處理設施，WSC也於今年2月向核管會遞出申請，希望能於此廠址建立用過核燃料貯存設施，預計在2020年開始營運，合作夥伴將是亞瑞華公司。WSC還表示，安德魯縣的設施是美國唯一取得運轉執照的廢棄物處理設施，可處理各種層級的低放射性廢棄物，相信一定是一個合適的選擇。

歐巴馬政府已同意於2016年投資57億美金，來建造一座用過核燃料貯存設施以及處置場的研究工作，這座核燃料貯存設施將著重於回收已除役核電廠中的用過核燃料，期望能在2010年歐巴馬總統終止雅卡山處置場後，徹底解決美國用過核燃料貯存的問題。

（2015.04.28, Power Magazine）

國內新聞

連續 9 年 國際證明我國所有核物料都用於和平用途

國際原子能總署（IAEA）公布2014年全球核子保防實施總結報告，我國連續第9年被宣告為「所有核物料均用於核能和平用途」國家之列。

此宣告除了肯定我國已有充分能力確保國內所有核物料均用於核能和平用途之外，也有效消弭多年來國內外媒體對我國有無發展核武的疑慮，證實政府「不發展、不生產、不取得、不儲存、不使用」核武的一貫政策。對於國內核子設施的核子保防工作而言，總署已自2008年初開始對我國實施簡化的視察方案，減少例行視察的頻次，並續與我國增強實質的合作關係，持續加強雙方資訊的交流。

（2015.07.09，本刊訊）

工商界呼籲：核四在安全無虞下應運轉

工商協進會7月8日上午在台北國際會議中心舉行會員大會，理事長林伯豐向副總統吳敦義、立法院長王金平提出建言，希望核四在安全無虞下能運轉，解決企業限電危機。

針對核電議題，林伯豐表態挺核四，他說，核一、二、三廠除役後，為考量電力供應穩定，核四應在安全無虞情況下運轉，「若有不同意見，就全民公投來決定」。林伯豐說，不要再玩政治操作，核四封存耗費納稅人的錢，「我們生意人看不得錢被這樣浪費」。

林伯豐表示，台灣不可能「馬上廢核」，所有核電一停掉，電價一定立刻飆漲。現在許多支持反核的人，都還沒有感受到電價的傷害，漲到一定程度，大家就會受不了。另外，林伯豐說，核電問題在台灣吵不停，但福建已設了2個核電廠，離台灣很近；若福建核災擴散，台灣也會受到影響。

遠東集團董事長徐旭東也提出陳情書，力陳台灣電力備轉容量率創10年新低，企業面臨限電及經營危機，急需政府解決。核四已經封存，未來核一、二、三陸續除役，台灣將面臨高達二成以上的用電缺口，必須盡速補足，否則將嚴重衝擊民生、經濟和產業。

（2015.07.08，本刊訊）

核一燃料束把手鬆脫調查說明

核一廠大修期間燃料水棒連接桿斷開事件，原能會在接獲台電公司通報後，除立即派員赴現場調查，確認未造成任何輻射異常外釋之外，也要求台電公司應分別從「異常燃料檢修挪移作業」、「後續燃料吊運作業」、「故障肇因分析」、「運轉期間安全評估」、「爐心安全分析」等面向提出專案報告。

原能會並邀請專家學者組成審查小組，就本案涉及的機械結構、材料、熱流、爐心安全等方面進行技術性審查，審查小組已召開多次專案審查會議，以確認台電公司已考量各項潛在原因和掌握可能因子、破壞機制及肇因，以及下個運轉週期的運轉安全、爐心監測計畫的可行性和有效性。原能會已於對外網站（http://www.aec.gov.tw）設立「核一燃料水棒連接桿」專區供關心核安的民眾閱覽。

（2015.06.25，本刊訊）

何博士的日常豆知識

Q：我們可以用風力發電取代核能嗎?

風咧

Bow-wow 開心

風有季節性

沒風就沒電

台灣的用電高峰在夏季，卻剛好是無風季節，

可見風力發電**無法配合**用電需求提供**穩定電力**。

此外，以核四每年**193億度**的發電量為例，

若想用風力發電取代，需要**約3500座**風機（可繞台灣一圈），

再加上風機設置地點附近居民的強烈抗爭，

抱怨噪音、眩光乃至影響風水問題，

因此未來要大量推廣風力發電，仍有相當的困難。

台灣的風力發電恐難取代核能發電

何博士的日常豆知識

Q：有沒有可能把核電廠改建成天然氣電廠？

全球案例少，

在台灣執行困難。

我不懂

還好唄

鄉

燃氣與**核能機組設計**上完全不同，

如果改為天然氣電廠，幾乎等於重蓋一座新電廠，**不符經濟效益**。

再加上原本核電廠的**土地用途要變更**，

當中的廢止、重辦徵收手續相當耗時複雜，

鋪設輸送天然氣的管線要重新經過環評，**改建難度很高**。

依照台灣現況，把核電廠改建成天然氣電廠的難度很高。